

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

E.A.P. DE MEDICINA VETERINARIA

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE UN
REESTRUCTURADO DE CARNE DE ALPACA
(*Vicugna pacos*) CON INCLUSIÓN DE PECANA
(*Carya illinoensis*) Y TRANSGLUTAMINASA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Cynthia Melina Vigo Contreras

Lima – Perú

2014

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos y sobrinos por sus palabras y compañía.

Agradecimiento

Los agradecimientos están dirigidos a todas las personas y entidades que hicieron posible la realización de esta investigación, hoy les digo: Muchas Gracias.

A Dios, creador del universo y dueño de mi vida, por cada día que me brinda y por todo lo que hace por mí, mis seres queridos y este planeta.

A mis padres, Santos y Rosa, por el apoyo incondicional que me dieron a lo largo de la carrera.

A mi Directora de tesis, la Dra. Daphne Ramos, por la confianza depositada, la orientación, la exigencia y la motivación necesaria para la concreción de este trabajo.

A las doctoras Mónica Rebatta y Bettit Salvá por sus aportes y colaboración prestada.

A mis amigos, y amigas que me apoyaron durante la investigación.

A mi querida Facultad y al Laboratorio de Salud Pública y Salud Ambiental.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
CONTENIDO	iv
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS UTILIZADAS	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1 LA ALPACA	3
2.1.1 Características generales	4
2.1.2 Fenotipos.....	5
2.1.3 Distribución.....	5
2.1.4 Población	5
2.1.5 Producción de carne.....	8
2.1.5 Rendimiento de la carcasa.....	9
2.1.7 Calidad de la carne de alpaca.....	9
2.1.7.1 Composición química y valor nutritivo de la carne de Alpaca	9
2.1.7.2 Propiedades tecnológicas	12
2.1.7.3 Calidad Higiénica.....	13
2.2 PECANA	14
2.2.1 Clasificación botánica	14
2.2.2 Composición química y valor nutricional del fruto	15
2.2.3 Efectos de los componentes bioactivos de los frutos secos en La salud.....	17
2.2.4 Parámetros de calidad	18
2.3 TRANGLUTAMINASA	19
2.3.1 Transglutaminasa microbiana	20

2.3.2	Propiedades Físico-químicas	22
2.3.3	Aplicaciones.....	23
2.3.3.1	Carne y productos cárnicos	24
2.3.3.2	Pescado y productos de la pesca	25
2.3.3.2	Otras aplicaciones	25
2.4	REESTRUCTURADOS CARNICOS	26
2.4.1	Ventajas que ofrecen los productos reestructurados.....	26
2.4.2	Métodos de reestructuración de la Carne.....	27
2.4.3	Disminución del tamaño de partícula, sal, fosfatos y masajeo	29
2.4.4	Elaboración de un reestructurado.....	30
2.4.4.1	Preparación de la materia prima cárnica	30
2.4.4.2	Reducción del tamaño dela materia prima	30
2.4.4.3	Mezclado de ingredientes.....	31
2.4.4.4	Moldeado del producto	31
2.4.4.5	Tipos de cárnicos reestructurados según la presentación Final.....	32
2.4.5	Factores que afectan a la calidad de los reestructurados cárnicos durante el proceso de elaboración	33
2.4.5.1	Factores asociados a la composición de los productos reestructurados	33
2.4.5.2	Factores tecnológicas	34
2.4.5.3	Factores implicados en la solubilidad de las proteínas	36
2.4.6	Análisis de Calidad de los reestructurados cárnicos	36
2.4.6.1	Análisis de los factores tecnológicos.....	37
III	MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1	Lugar de realización.....	41
3.2	Materia prima e insumos.....	41
3.2.1	Materia prima	41
3.2.2	Insumos	41
3.3	Materiales y equipos	42
3.3.1	Materiales	42
3.3.2	Equipos.....	42

3.4	Métodos de análisis y evaluación	42
3.4.1	Análisis Textura	42
3.4.2	Análisis de Color	42
3.4.3	Análisis de pérdidas de cocción	43
3.4.4	Análisis de costos	43
3.4.5	Análisis sensorial	44
3.4.6	Análisis químicos nutricionales	44
3.5	Metodología experimental	45
3.5.1	Diseño de estudio... ..	45
3.5.2	Formulaciones preliminares	47
3.5.3	Flujo de operaciones	48
	3.5.3.1 Descripción del flujo de operaciones	49
3.6	Análisis de resultados.....	50
IV.	RESULTADOS.....	51
4.1	Análisis de los reestructurados preliminares con carne de alpaca, Pecana y transglutaminasa.....	51
4.1.1	Análisis de Color	51
4.1.2	Análisis de textura y pérdidas de cocción	51
4.2	Formulación optima del reestructurado.	54
4.3	Evaluación de aceptación del reestructurado a base de carne de alpaca, pecana y transglutaminasa	54
4.4	Análisis Proximal.....	55
V.	DISCUSIÓN	56
VI	CONCLUSIONES	62
VII.	RECOMENDACIONES.....	63

VIII.	LITERATURA CITADA	64
IX.	ANEXOS.....	81

RESUMEN

La crianza de camélidos constituye una actividad socioeconómica de subsistencia para los pobladores altoandinos. La carne de camélidos a pesar de tener elevada cantidad de proteínas y bajo contenido de colesterol, es objeto de discriminación por razones culturales. La aplicación de tecnologías nuevas como la reestructuración y la inclusión de insumos como la pecana (*Carya illinoensis*) pueden ayudar a su comercialización. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar un reestructurado de carne de alpaca con inclusión de pecana y transglutaminasa, mediante el método de diseño de mezclas, determinando la zona factible de formulación en base a la textura, pérdidas de cocción y costos. A las formulaciones obtenidas se le realizaron análisis de color, textura y pérdidas por cocción. Posteriormente, mediante el software Desing Expert ® 9 se determinó la formulación óptima del reestructurado. Obteniéndose la siguiente formulación óptima: carne de alpaca 84.93%, pecana 14.15 % y transglutaminasa 0.91 %. Esta formulación fue evaluada sensorialmente por 100 consumidores, utilizando una escala hedónica de 7 puntos, obteniéndose los siguientes resultados: Me gusto un poco: 35%, me gusta mucho: 48 %, Me gusta extremadamente: 1 % y al 16% no le gusto. La composición proximal del producto desarrollado fue: 65.55 % de humedad, 12.60 % de grasa, 20.06 % de proteína, 1.48 % de cenizas y 0.78 % de carbohidratos; asimismo se determinó un costo de S/. 34.58/kg de reestructurado. Finalmente, se obtuvo un reestructurado de carne de alpaca aceptado sensorialmente, con niveles de proteína dentro de estándares comerciales y con factibilidad en costos de elaboración.

Palabras claves: pecana, transglutaminasa, alpaca.

ABSTRACT

Raising camels is a socioeconomic activity for subsistence andean villagers. Camelid meat despite having high protein and low in cholesterol is discriminated against for cultural reasons. The application of new technologies such as the restructuring and listing of inputs such as pecan (*Carya illinoensis*) can help your marketing. Therefore, the objective of this work was to develop a restructured alpaca meat including pecan and transglutaminase, by the method of mix design, determine the feasible area formulation based on texture, cooking losses and costs. In the formulations obtained were performed analysis of color, texture and cooking losses. Subsequently, by Desing Expert® 9 software restructured the optimal formulation was determined. Obtaining optimal formulation follows: 84.93 % alpaca meat, pecan 14.15 % and 0.91 % transglutaminase. This formulation was evaluated sensorially by 100 consumers , using a hedonic scale of 7 points , with the following results : I liked a little : 35 % , I really like 48% , I like very 1 % and 16% did not like . The proximate composition of the product developed was: 65.55 % moisture, 12.60 % fat, 20.06 % protein, 1.48 % ash and 0.78 % carbohydrate; also a cost of was determined. S/ 34.58 / kg restructured. Finally, a restructured sensorially accepted alpaca meat with protein levels within standard commercial feasibility and development costs was obtained.

Keywords: pecan, transglutaminase, alpaca.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Pág.
1	Población de alpacas, según resultados censales de 1961 al 2012...	6
2	Población de alpacas, según región natural, 2012	6
3	Población de alpacas según departamentos, 2012	7
4	Producción de carne de alpaca y llama entre los años 1994 y 2007	8
5	Composición química del musculo <i>Longissimus thoracissy lumborum</i> de alpacas y llamas.	10
6	Valor biológico, digestibilidad de nitrógeno, utilización neta de Proteína, conversión y eficiencia de la carne de alpaca	11
7	Valores de pH en diferentes cortes de alpaca.....	13
8	Requisitos microbiológicos para carne de alpaca fresca y congelada.....	14
9	Composición química del fruto por 100 g.....	15
10	Vitaminas y minerales presente en pecanas	15
11	Perfil de ácidos grasos de pecanas	16
12	Composición de ácidos grasos en pecana	17
13	Masa molecular de las diferentes isoformas de Transglutaminasa	19
14	Análisis físico- químico del reestructurado de carne de alpaca, pecana y transglutaminasa GS	53
15	Resultados de análisis-físico químico de la formulación preliminar ajustada.....	54
16	Análisis de datos del análisis sensorial	54
17	Resultados del análisis proximal del reestructurado de alpaca óptimo	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Pág.
1	Alpaca (<i>Vicugna pacos</i>) (Red peruana, 2011)	3
2	Pecana (Sabate, 1979)	14
3	Diseño de estudio	46
4	Parámetros para diseño de las formulaciones a evaluar	47
5	Formulaciones a evaluar	47
6	Flujo de operaciones para la elaboración del reestructurado	48

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	Cartilla de evaluación sensorial	82
ANEXO 2:	Análisis Proximal carne de alpaca.	82
ANEXO 3:	Análisis proximal de pecana	83

LISTA DE ABREVIATURAS UTILIZADAS

INIA	Instituto Nacional de Investigación Agraria
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
mg	miligramo
g	gramo
mm	milímetros
m.s.n.m.	metros sobre el nivel del mar
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
kg	kilogramo
°C	grados centígrados
NTP	Norma Técnica Peruana
Kcal	kilo caloría
cm	centímetro
<i>et al.</i>	y colaboradores
h	hora
pH	potencial de Hidrogeniones
mg/kg	miligramo por kilogramo
Tgasas	Transglutaminasas
USDA	United States Department of Agriculture.

I. INTRODUCCIÓN

La crianza de camélidos sudamericanos constituye una actividad socioeconómica de subsistencia para las poblaciones de la región alto- andina, ya que de estos se obtienen fibra de gran valor comercial y carne con alto contenido proteico y bajo colesterol que ayudan a cubrir los requerimientos nutricionales de la población. La carne de camélidos sudamericanos en general es objeto de discriminación en las zonas urbanas; a pesar de sus características sensoriales y valor nutritivo similar a la de otras especies y, en algunos aspectos superiores. Esta carne es rica en proteínas conteniendo la de alpaca 21.274%, y la de llama 24.821% tiene poca grasa y bajo contenido de colesterol (0.5%). (FAO, 2005).

Los productos cárnicos son elementos esenciales de la dieta humana que proporcionan gran número de nutrientes (proteína, grasa, vitaminas, minerales). Por tradición se ha conferido a la carne ser un alimento de alto valor nutricional. Sin embargo, esta situación ha cambiado en los últimos años, debido a que en la actualidad se la vincula con el riesgo de algunas enfermedades importantes y emergentes en nuestra sociedad (alteraciones cardiovasculares, cáncer, hipertensión y obesidad, entre otras).

La definición de alimento saludable –funcional, responde a tres ideas clave:

reducción de la concentración de ciertos componentes con efectos fisiológicos negativos, sustitución de algún componente con efectos no deseados por otro con efectos beneficiosos e incorporación de compuestos bioactivos exógenos con efectos beneficiosos (Jiménez, 2004).

Con lo anteriormente mencionado, la presente investigación tuvo el objetivo desarrollar un reestructurado de carne de alpaca con ayuda de la transglutaminasa y con inclusión de pecanas (*Carya illinoensis*), que cumpla con los requerimientos nutricionales apropiados para su producción y comercialización.

Considerando que investigaciones recientes reportan que el consumo frecuente de frutos secos, en general y de nueces en particular, está inversamente relacionado con el riesgo de infarto de miocardio, independientemente de otros factores de riesgo como edad, sexo, tabaco, hipertensión, peso y ejercicio (Sabaté *et al.*, 1993; Fraser, 1999; Iwamoto *et al.*, 2000). Por ello, la elaboración de un reestructurado a base de carne de alpaca; recurso propio de la región andina; con inclusión de pecana presenta muchas posibilidades como un alimento sano y posiblemente funcional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LA ALPACA.

La Alpaca (*Vicugna pacos*) es uno de los camélidos sudamericanos domesticos, cuyo hábitat natural se localiza en la zona alto-andina de Bolivia, Perú, Argentina y Chile. Las alpacas son criadas para aprovechar principalmente su fibra y en segundo lugar su carne. No se sabe cuál civilización implementó la cría de alpaca, sólo se conoce que esto fue mucho antes que los españoles llegaran a las Américas, y mucho antes de la civilización de los Incas también. (Novoa, 1991). La alpaca es una animal de cuerpo esbelto que presenta almohadillas plantares, características que le otorga la condición de animal ecológico al no dañar el pasto ni provocar erosión.



Figura 1: Alpaca (*Vicugna pacos*, L.)
Fuente: (Redperuana 2011)

2.1.1 Características generales.

El sistema de producción tradicional de estos animales es extensivo y poco especializado, siendo este sistema el más conocido y el que comúnmente se lleva a cabo por las comunidades campesinas (Aréstegui, 2005). Las alpacas se crían a base de la vegetación de pastizales nativos de condición pobre en zonas con una altitud superior a los 3800 m sobre el nivel del mar, caracterizándose por sus condiciones geográficas difíciles, clima variable, dispersión de las viviendas, carencia de vías de comunicación y servicio (Neely *et al.*, 2001). Se estima que al menos un millón y medio de personas, agrupadas en varios cientos de miles de familias, se dedican a la crianza de camélidos sudamericanos domésticos.

En los rebaños compuestos por machos y hembras, los primeros tratan de establecer dominio sobre las segundas, demostrando así el típico comportamiento polígamo territorial de la alpaca (Fernández *et al.*, 1972). En general, los sistemas de crianza de alpacas empleados en las áreas alto- andinas, están diseñados para modificar su comportamiento. La alpaca tiene un periodo de gestación que varía de 342 a 345 días y el peso de las crías al nacer varía de 6 a 7 kilogramos (Novoa, 1991).

En su alimentación, la alpaca escoge las especies y partes de la planta más suculentas, teniendo preferencia por las herbáceas. Durante la estación seca el consumo de gramíneas cortas representan el 29 al 38 % de su alimentación y el de las herbáceas el 35 % (San Martín, 1991).

En promedio, los índices técnicos de la crianza de alpacas en el Perú son: 45% de natalidad, 30% mortalidad en crías, 10% de mortalidad en adultos, 12% de saca anual, 50-70 Kg de peso adulto, 54% de rendimiento de canal y 1.6% de peso de vellón (Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos del Perú, 2005).

La mortalidad anual de crías puede llegar a 70 % durante los primeros meses de vida. La gran parte de estas muertes están asociados a los brotes de enterotoxemia causado por el *Clostridium perfringens* tipo A (Ramírez, 1991). Los brotes epizooticos de esta enfermedad dependen de la existencia de condiciones medioambientales que

faciliten la esporulación de la bacteria. En los andes, estos brotes están asociados al uso de corrales sucios durante la época lluviosa, que coinciden con la parición.

2.1.2 Fenotipos

En relación a las alpacas, en los rebaños se puede encontrar animales de dos razas, la Huacaya y la Suri que se diferencian claramente por sus características fenotípicas. La raza Huacaya se caracteriza por tener un vellón compacto, esponjoso y similar al vellón del ovino Corriedale que le confiere una apariencia más voluminosa, con fibras finas suaves y onduladas. La raza Suri presenta fibras de gran longitud organizadas en rizos colgantes, de un modo similar a los rizos del ovino Lincoln, lo cual confiere al animal una apariencia angulosa (Antonini *et al.*, 2004; FAO, 2005).

La raza Huacaya representa el 90% de la población de alpacas en el Perú; siendo el 10% restante la raza Suri. El hábitat de las alpacas Suri es limitado, localizándose solo entre los 4000 y 4400 m.s.n.m. En contraste, el hábitat de la alpaca Huacaya alcanza altitudes superiores a los 4400 m.s.n.m.

2.1.3 Distribución

La domesticación de la alpaca fue hace 6 mil años en las punas centrales del Perú (Wheeler, 1991). Su crianza se desarrolló en los valles interandinos, hace aproximadamente 3800 años, según evidencias procedentes de sitios arqueológicos de Kotosh, Huánuco (Wing, 1972) y Cajamarca.

La crianza de alpacas en el Perú está distribuida principalmente en los departamentos de Puno (39.75 %), Cuzco (14.42 %), Arequipa (13.3 %) y Huancavelica (8.42 %), se encuentran en manos de pequeños productores en unidades agropecuarias dispersas, las que conducen entre 50 y 100 cabezas por rebaño en forma extensiva (INEI, 2012).

2.1.4 Población.

Históricamente el Perú es el país con mayor población de alpacas en América del Sur y a nivel mundial, posee el 90 % de la población mundial de alpacas, mientras otros países indican poblaciones que hacen alrededor del 10 % de la población mundial entre ellos tenemos a Bolivia y Ecuador.

Los últimos reportes estadísticos publicados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el año 2012 señalan que la población de alpacas en el Perú es de 3 millones 592 mil 249 alpacas, las cuales se encuentran distribuidas principalmente en la región alto andina.

El crecimiento de la población de alpacas en el país es significativo según lo demuestran las cifras de los años censales de 1961 al 2012. La población de camélidos sudamericanos se incrementó en más de un millón de cabezas, es decir, creció en 42.4% con respecto al Primer censo agrario (INEI, 2012).

Cuadro 1. Población de alpacas, según resultados censales de 1961 al 2012

Año	Total	Diferencia	Variación porcentual (%)
1961	2 523 649		.
1972	1 978 821	-544 828	-21
1994	2 456 642	477 821	24.1
2012	3 592 249	1 135 607	46.2

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

La distribución de alpacas por región natural muestra que la Sierra (su hábitat natural) concentra la mayor cantidad de animales de esta especie con 3 millones 591 mil 707, lo que equivale al 99.98%. Las regiones Costa y Selva solo representan el 0.02%

Cuadro 2. Población de alpacas, según región natural año 2012

Región Natural	Alpacas	%
Costa	309	0.01
Sierra	3 591 707	99.98
Selva	233	0.01
Total	3 592 249	100.00

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, IV Censo Nacional Agropecuario 2012

El Departamento de Puno posee la mayor proporción de alpacas, con alrededor de 1.5 Millones de cabezas (40%) seguido por Cusco con 518 mil cabezas (14 %), y Arequipa con 478 mil cabezas (13%) seguido por otros departamentos con menor producción. Esto está en relación con la extensión de las praderas alto andinas existentes. Las poblaciones de alpacas de los Departamentos ubicados en las regiones de Lima y Junín son en gran parte el resultado del proyecto “Repoblamiento de Alpacas de la Sierra Norte y Centro del País” desarrollado por el Ministerio de Agricultura entre los años 1992 y 1996. (FAO, 2005).

Cuadro 3. Población de alpacas, según departamento 2012

Departamento	Alpacas	%
Amazonas	69	0.00
Ancash	3643	0.10
Apurímac	224855	6.26
Arequipa	477851	13.30
Ayacucho	193408	5.38
Cajamarca	1104	0.03
Cuzco	517965	14.42
Huancavelica	302609	8.42
Huánuco	4699	0.13
Ica	10	0.00
Junín	60717	1.69
La Libertad	4529	0.13
Lambayeque	595	0.02
Lima	37207	1.04
Loreto	0	0.00
Madre de Dios	0	0.00
Moquegua	126134	3.51
Pasco	147821	4.11
Piura	84	0.00
Puno	1427816	39.75
San Martín	0	0.00
Tacna	61133	1.70
Tumbes	0	0.00
Ucayali	0	0.00
Total	3592249	100.00

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - IV Censo Nacional Agropecuario, 2012.

2.1.5 Producción de carne.

En el Perú, se sacrifican alrededor de medio millón de alpacas al año. En el cuadro 4, se puede apreciar la producción de carne de alpaca y llama, destacando la creciente demanda de carne de alpaca.

Cuadro 4. Producción de carne de alpaca y llama entre los años 1994 y 2007

Año	Alpacas	Llamas
1994	7279	3970
1995	7100	3100
1996	7000	3000
1997	7600	2600
1998	7859	2833
1999	7750	2964
2000	7797	3186
2001	7713	3232
2002	8277	3463
2003	8204	3452
2004	9358	3842
2005	8867	3773
2006	8972	3878

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007

El beneficio de las alpacas presenta cierta estacionalidad realizándose por lo general en los meses de abril y mayo, luego del periodo lluvioso de la zona alto andina (Borda *et al.*, 2007). En los sistemas tradicionales, la venta de alpaca para carne, aunque representa un porcentaje considerable de ingreso para los productores, normalmente es inferior al 50% de los ingresos generados por la producción de alpacas. No obstante, la producción de carne de alpaca es de gran importancia en el medio rural, debido a que es una importante fuente de proteína de la dieta (Farfield, 2006). En las pequeñas explotaciones es costumbre que la mayoría de animales que se destinan al beneficio se encuentren entre 7 y 8 años. Esto es debido a que cuanto más tiempo se mantenga al animal en el rebaño más ingresos se obtienen del mismo por la venta de la

fibra.

2.1.6 Rendimiento de carcasa

En alpacas el rendimiento promedio de la canal es superior al 50%. Factores como la edad y el peso corporal parecen influir sobre el rendimiento, aunque la información al respecto es escasa (Téllez, 1992). Los rendimientos de canal de acuerdo al sexo, edad y estado fisiológico, oscilan entre 43 y 60%, con un promedio de 56% en alpacas criadas en praderas y engordadas intensivamente durante 8 semanas en la costa central del Perú (Soto, 1989).

El rendimiento porcentual de carne es mayor que en otras especies. Tiene cifras menores a los 2 y 6 años (56.2%) y cifras altas a las edades de 3 y 4 años (59.5%) (Ávila y Rojas, 1979). Así tenemos que en un estudio realizado por Bustinza *et al.* (1993), con hembras adultas de descarte se encontró un rendimiento de canal del 53.5%. De igual manera (Téllez, 1992) trabajando con hembras y machos adultos de descarte y canales con 24 horas de oreo, encontró un rendimiento del 54%. Asimismo en un estudio realizado por Bravo *et al.* (1988) con machos de 1.5 y 1.6 años de edad encontraron rendimientos de canal de 52.9 y 51.5% respectivamente.

2.1.7. Calidad de la carne de alpaca

La calidad es un concepto complejo ya que existen diferentes corrientes sobre lo que conlleva el término. Para el caso de la carne, se define como: “La totalidad de propiedades y características de la misma que afectan su valor nutritivo, su aceptabilidad (propiedades sensoriales), sus características higiénico-sanitarias y las aptitudes para el procesado industrial o preparación culinaria” (Hoffman, 1993).

2.1.7.1 Composición química y valor nutritivo de la carne de Alpaca

El análisis más básico de la composición de la carne es la determinación de la composición proximal, es decir, del contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas. Estos análisis revelan el valor nutritivo básico de un producto y como puede ser

combinado con otras materias primas para alcanzar el nivel deseado de los distintos componentes principales de una dieta.

En las investigaciones realizadas por Salvá *et al.*, (2009) se encontraron que la proteína en la carne de alpaca alcanza en promedio 20.3%, el agua 75.8%, la grasa 1.33% y las cenizas el 1.09%. No se encontró diferencias importantes para raza, sexo y edad para las características mencionadas.

Un estudio realizado sobre los componentes mayoritarios de la carne de alpaca (en músculo *L. dorsi*), en el que se estudia también la carne de llamas criadas en forma similar a las alpacas se muestra en el Cuadro 5 (Cristofanelli *et al.* 2004). En dicho estudio se manifiesta que la carne de alpaca es baja en grasa y presenta un contenido de proteínas elevado con respecto a la carne de ganado bovino y porcino.

Cuadro 5. Composición proximal del músculo *Longissimus thoracis* y *Longissimus lumborum* de alpacas y llamas

	Alpaca	Llama
	promedio \pm DE	promedio \pm DE
Humedad %	73.64 \pm 1.66	73.94 \pm 1.87
Grasa %	0.49 \pm 0.01	0.51 \pm 0.01
Proteína %	23.33 \pm 0.69	23.12 \pm 0.88
Cenizas %	2.54 \pm 0.20	2.43 \pm 0.25

Fuente: (Cristofanelli *et al.*, 2004)

En cuanto a la calidad nutritiva de la proteína de la carne de alpaca Bustinza *et al.*, (1993) determinan: el índice de digestibilidad (D), el valor biológico (VB), la utilización neta de proteína (UNP) y la conversión y eficiencia alimenticia. Para ello toman muestras de carne consistieron en una mezcla por partes iguales de carne de cuello, brazuelo, costillar, lomo y pierna de seis alpacas Huacaya procedentes del departamento de Puno (Perú). Estos autores determinan que la carne de alpaca tiene un 10% más de valor biológico, menos de un 10% de digestibilidad y una utilización neta de la proteína similar si la comparamos con la carne de vacuno según se detalla en el cuadro 6.

Cuadro 6. Valor biológico, digestibilidad de nitrógeno, utilización neta de proteína, conversión y eficiencia de la carne de alpaca

	Carne de alpaca	
	Cruda	Cocida
Valor biológico (%)	84.23	85.90
Digestibilidad (%)	86.50	88.97
Utilización neta de proteína (%)	63.00	68.55
Conversión (g)	2.31	1.98
Eficiencia (g)	0.43	0.51

Fuente: Bustinza *et al.*, 1993.

En cuanto al perfil de ácidos grasos de la carne de alpaca, solamente se reporta el estudio realizado por Salvá (2009), en donde se indica que el ácido graso encontrado en mayor proporción fue el C18:1 *n*-9 (ácido oleico), con 24.24 % (la suma de los isómeros C18:1 fue de 31.9 %), seguido por el C16:0 (Ácido palmítico) con 22.01% y el C18:0 (ácido esteárico) con 19.82 %. En relación a los ácidos grasos esenciales, de la carne de alpaca presentaron un 6.02 de C18:2 *n*-6 (ácido linoleico), y un 1.75% de C18:3 *n*-3 (ácido linolénico). En cuanto al contenido de C18:2 *n*-6, la grasa intramuscular de alpaca tuvo el doble de la grasa intramuscular de llamas peruanas (3.13%) (Salvá 2009).

La concentración de *n*-3 en la carne de los rumiantes está significativamente influenciada por la dieta, de forma que una dieta rica en hierba y forraje se relaciona con mayores cantidades de ese ácido graso en la carne (Wood *et al.*, 2003). Además de tomar la consideración de que la castración también tiene una influencia significativa en el incremento del ácido linolénico en la grasa intramuscular (Coates y Ayerza, 2004).

La cantidad total de ácido linoléico conjugado (CLA) en carne de alpaca es de 1.2% (Salvá, 2009). Estos valores están entre los rangos reportados para vacuno (0.12-1.0%) y cordero (0,43-1,9%) (Schimid *et al.*, 2006). La elevada cantidad de CLA en la carne de animales criados bajo sistemas de pastoreo, es atribuida a la elevada cantidad de C18:3 *n*-3 contenida en los pastos y forrajes (Schimid *et al.*, 2006).

La alimentación de las alpacas esta basada únicamente en pasto; por lo que su cantidad de CLA es relativamente elevada. Se sabe que el CLA en la dieta favorece positivamente la salud de los consumidores. Por ejemplo, la suplementación de la dieta con CLA (en cantidades tan bajas como el 0,25-1% de la grasa total de la dieta) parece ejercer un efecto antimutagénico en animales de experimentación (Higgs, 2000; Eynard y López, 2003). Además, el CLA parece comportarse como un factor de protección en la aterosclerosis, aparición de la diabetes y en la modificación de la masa muscular (Salvá, 2009).

2.1.7.2 Propiedades tecnológicas

Las propiedades tecnológicas de la carne permiten evaluar su aptitud para las diferentes etapas de conservación, comercialización, industrialización y preparación para el consumo. Algunas propiedades tecnológicas importantes son el pH, la textura, y el color.

El pH es un parámetro importante relacionado con la susceptibilidad de la carne a su deterioro y se usa para decidir sobre el tipo de procesamiento al que se va a destinar la carne. El pH depende de factores, tales como: el estrés ante-mortem al que ha sido expuesto el animal, factores genéticos predisponentes a dicho estrés, condiciones post-mortem, la región anatómica, entre otros.

La alpaca parece ser poco susceptible a la pérdida de calidad de la carne debida al estrés y no suele presentar estos defectos. Así tenemos que Cristofanelli *et al.*, (2004) midieron el pH en las canales de 20 llamas y 40 alpacas machos de la estación experimental de Arequipa (Perú) luego de 1, 6, 12, 24, 48 y 72 h *post-mortem*, observando en todos los casos un proceso glicolítico normal, alcanzándose finalmente valores de pH en torno a 5.5. Respecto a la región anatómica, el pH puede variar, como se puede apreciar en la Cuadro 7, donde se observa que el lomo fue la carne con menor valor de pH.

Cuadro 7. Valores de pH en diferentes cortes de alpaca

Corte	pH
Pierna	6,18
Brazuelo	5,85
Lomo	5,57

Fuente: Cabrera, 2003; Zorosgastúa, 2004.

Se conoce que a un pH de 5 la mayoría de las proteínas cárnicas se encuentran en su punto isoeléctrico (PI), en el cual las moléculas proteicas no atraen a las moléculas de agua y tampoco hay repulsión entre ellas. Por encima del punto isoeléctrico, aumentan la carga neta y la atracción entre la proteína y el agua y hay repulsión entre las moléculas de proteína con cargas del mismo signo, aumentando el tamaño del espacio entre las miofibrillas (Salvá, 2009).

Al adicionar sales (cloruro de sodio y fosfatos) la carne establece un pH mayor que 5, la capacidad e retención de agua (CRA) se incrementa, pero si el pH es menor que 5, la CRA sufre decremento. Esto es un hecho experimental y existen numerosas hipótesis para explicarlo. Entre ellas, la más aceptable es que el ión Cl^- es más activo que el ión Na^+ a la hora de interaccionar con las proteínas. Los fosfatos también mejoran la CRA cuando el pH es mayor que el del punto isoeléctrico (Salvá, 2009).

2.1.7.3 Calidad higiénica

La Norma Técnica Peruana 201.043 (INDECOPI, 2005) señala que la carne de alpaca debe ser obtenida de animales sanos, sacrificados y faenados bajo inspección veterinaria en mataderos autorizados. También menciona que no debe tener residuos de antibióticos, conservantes, ablandadores o sustancias que por su naturaleza atenten contra la salud del consumidor. En el Cuadro 8 se pueden observar los requisitos microbiológicos para carne de alpaca, establecidos en dicha norma (Salvá, 2009).

Cuadro 8. Requisitos microbiológicos para carne de alpaca fresca y congelada

Indicador microbiológico	Límite	
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos	Menor a 10^6	ufc/g
Detección de <i>Salmonella</i>	Ausencia en 25g	
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	Menor a 10^2	ufc/g
Numeración de bacterias psicrófilas	Menor a 10^5	ufc/g
Recuento de coliformes totales	Menor a 10^2	ufc/g
Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i>	Menor a 10^2	NMP/g

Fuente: INDECOPI, 2005

2.2 PECANA

2.2.1 Clasificación Botánica

La pecana, *Carya illinoensis*, es una especie frutal perteneciente al grupo de las nueces; miembro de la familia Juglandaceae, la misma del nogal común (*Juglans regia*). Es un fruto seco muy nutritivo y energético, rico en proteínas, vitaminas, minerales, fibra y ácidos grasos beneficiosos para el organismo (Sabaté, 1999).



Figura 2. Pecana, Fuente: (Sabaté 1999)

- Nombre común o vulgar: Nuez americana, Nueces americanas, Nogalamericano, Nueces de pacana, Nuez Pecán, Pecana, Pacano.
- Nombre científico o latino: *Carya illinoensis*
- Familia: Juglandáceas (Juglandaceae).
- Origen: EE.UU. y México.

2.2.2 Composición química y valor nutricional del fruto.

Las pecanas son una importante fuente de lípidos (71.9%), proteínas (15.2%) e hidratos de carbono (13.9%). Aportan al organismo alrededor de 691 kilocalorías cada 100 gramos de producto, esto debido a que tiene un contenido de agua reducido (3.5%) si lo comparamos con otros frutos, vegetales y la carne, los que pueden contener entre 60% y 90% de agua. Por lo tanto, se puede decir que constituye un alimento “concentrado”, estas y otras características nutricionales se detallan en el cuadro 9.

Cuadro 9: Composición química del fruto por 100 g.

Componente:	Cantidad Cruda
Agua	3.52 g
Energía	691 kcal
Grasa	71.97 g
Proteína	9.17 g
Hidratos de Carbono	13.86 g

Fuente: United State Department Agriculture, 2013

Cuadro 10: Vitaminas y minerales presente en pecanas.

Compuesto	Valor por cada 100g
Potasio	410 mg
Sodio	0 mg
Fósforo	277 mg
Calcio	70 mg
Magnesio	121 mg
Hierro	2.53 mg
Zinc	4.53 mg
Cobre	1.5 mg
Vitamina C	1.1 mg
Vitamina B ₁	0.66 mg
Vitamina B ₂	0.13 mg
Vitamina B ₆	0.21 mg
Vitamina A	56 UI
Vitamina E	1.4 mg
Folacina	22 µg
Niacina	1.167 mg

Fuente: United State Department Agriculture, 2013

Otra característica significativa de la pecana es el contenido de minerales y vitaminas los cuales se detallan en el cuadro 10. Entre las primeras se destacan los folatos y la vitamina A, aunque también es importante el contenido de vitamina E, que tiene acción antioxidante (reduce el deterioro de las células del cuerpo) (Serrano, 2006). Estudios recientes comprueban que ésta última disminuye el riesgo de trastornos cardiovasculares, además de algunos cánceres. Sin embargo, no sólo la vitamina E es antioxidante, las vitaminas en general desempeñan esta misma función (Serrano, 2006).

Respecto al perfil de minerales, es importante la cantidad de potasio, fósforo, magnesio y calcio que presenta, elementos cuyo déficit puede provocar diversos trastornos, ya que forman parte de la estructura ósea y dental, regulan el balance de agua dentro y fuera de la célula e intervienen en la excitabilidad nerviosa y en la actividad muscular, entre otras funciones (Souci *et al.*, 1989).

En cuanto a la composición de los ácidos grasos tenemos que aproximadamente el 67% son ácidos grasos monoinsaturados (oleico) y un 25 % son ácidos grasos poliinsaturados como se muestra en el cuadro 11. Los ácidos grasos monoinsaturados consumidos en cantidad suficiente protegen nuestro sistema cardiovascular; reducen los niveles de colesterol LDL (malo) en sangre y mantienen el mismo colesterol HDL (bueno), aumentando la relación HDL/LDL (Venkatachalam y Sathe, 2006). Los polinsaturados también colaboran con la reducción del colesterol total y los niveles de triglicéridos en sangre, además de presentar acción plaquetaria anti-agregante; es decir que reducen el riesgo de formación de trombos o coágulos (Serrano, 2006). En el cuadro 12 se puede detallar los diferentes ácidos grasos encontrados según Venkatachalam y Sathe, 2006.

Cuadro 11. Perfil de ácidos grasos de la pecana

Lípidos		
Compuesto	Unidad	Valor cada 100 g.
Ácidos grasos saturados	g	6.180
Ácidos grasos mono insaturados	g	40.801
Ácidos grasos poli-insaturados	g	21.614

Fuente: United States Department Agriculture, 2013

Cuadro 12. Composición de ácidos grasos en pecana.

Ácido graso	Concentración /100g de aceite
14:0 Ácido mirístico	0.04
16:0 Ácido palmitico	5.90
17:0 Ácido margárico	0.05
18:0 Ácido esteárico	2.24
20:0 Ácido araquídico	0.12
16:1 Ácido palmitoleico	0.07
18:1 Ácido oleico	66.66
18:2 Ácido linoleico	23.68
18:3 Ácido linolenico	1.24

Fuente: (Venkatachalam y Sathe, 2006)

2.2.3. Efectos de los componentes bioactivos de los frutos secos en la salud humana

Existen estudios epidemiológicos que demuestran que los frutos secos presentan beneficios sobre la salud, estos relacionan su consumo con una menor incidencia del riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares (Lavedrine *et al.*, 1999; Sabaté, 1999). También presentan efectos beneficiosos sobre varios tipos de cáncer, diabetes tipo 2 y obesidad (Fraser, 1999; González *et al.*, 2001; Rui Jiang *et al.*, 2002). Estas evidencias ponen de manifiesto que la ingesta de frutos secos es una forma fácil de prevenir las enfermedades que son la mayor causa de morbi-mortalidad del mundo occidental (Krauss *et al.*, 2000).

El consumo regular de nueces produce una disminución entre un 4 – 12% del colesterol total y un 8-16 % del LDL-colesterol (Sabaté *et al.*, 1993; Chisholm *et al.*, 1998; Iwamoto *et al.*, 2000; Zambón, 2000). Sin embargo, los efectos entorno al colesterol HDL son dispares, un estudio demostró una reducción en un 5 % (Sabaté *et al.*, 1993), otro ha detectado un incremento de un 14% (Chisholm *et al.*, 1998), mientras que otros no han encontrado cambios (Iwamoto *et al.*, 2000; Zambón, 2000).

En cuanto a los triglicéridos algunos estudios no mostraron variaciones (Sabaté *et al.*, 1993; Chisholm *et al.*, 1998; Iwamoto *et al.*, 2000). Sin embargo, Zambón *et al.*,

(2000) encontraron una reducción del 68% de los triglicéridos plasmáticos. El efecto hipocolesterolemiante de las nueces puede ser comparable al ser observado en otras fuentes de ácidos grasos insaturados como el aceite de oliva. Además después del consumo de nueces, el colesterol LDL no incrementa su oxidabilidad comparado con lo encontrado en las dietas tipo mediterránea (Zambón *et al.*, 2000).

Debido a su origen vegetal las pecanas no poseen colesterol, pero sí fitoesteroles como el β -sitosterol (en mayor proporción), el estigmasterol y el campesterol, que poseen propiedades hipocolesterolemiantes. Ingestas elevadas de estos compuestos reducen la absorción del colesterol intestinal y biliar, disminuyendo de esta manera los niveles plasmáticos de colesterol (Ikeda y Sugano, 1998).

También poseen fibra mayoritariamente de tipo insoluble, que ejerce protección cardiovascular, la soluble mejora el control de la glicemia y es útil en la prevención y tratamiento de la obesidad (Jenkins *et al.*, 2000).

2.2.4 Parámetros de calidad

La calidad de las pecanas se determina de acuerdo a valores de diversos parámetros de tipificación. Si consideramos a la pecana entera se pueden citar los siguientes: debe ser limpia, con cáscara fina, cierre hermético y peso entre 12 y 18 g. La pulpa debe ser fácilmente extraíble de la cáscara, de color claro y uniforme, llena, y con un peso entre 6 y 10 g o por lo menos del 50% del peso total. El contenido de humedad es otro parámetro importante de calidad, en la pecana entera la humedad no debe ser superior al 12 %, mientras que en pepita es aconsejable que el valor sea menor al 8 % (Seta *et al.*, 2004).

Los defectos que se pueden presentar son los siguientes: podredumbre, agusanado, veta oscura, manchado en pulpa y cáscara quebradiza, estos son inaceptables comercialmente (Mc Granahan, 1991). Los problemas que pueden afectar la calidad de estos productos son la rancidez y el desarrollo de insectos, en especial por *Ectomyeloisceratoniae zeller* (polilla del nogal) y hongos tales como *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria* y *Rhizopus* en el interior de la pulpa (Ramos, 1985).

2.3 TRANSGLUTAMINASA

La transglutaminasa (TGasa), es una enzima presente en la mayoría de los tejidos y fluidos extracelulares de los vertebrados. Esta enzima está involucrada en numerosos procesos biológicos tales como: coagulación sanguínea, cicatrización de heridas, queratinización de la epidermis y endurecimiento de la membrana de los eritrocitos. Ha sido encontrada en mamíferos, pescados, plantas y microorganismos. El papel fisiológico de las TGasas parece ser diverso y varias enfermedades se han relacionado con deficiencias o sobreproducción de estas enzimas en el organismo humano (Wilhelm *et al.*, 1996).

La TGasa fue identificada por primera vez en el hígado, en este órgano la enzima era capaz de incorporar aminos dentro de las proteínas. Wilhelm *et al.*, (1996) distinguieron varios tipos de isoformas de TGasas según la fuente de obtención y describieron distintos métodos de extracción, purificación y forma de determinar su actividad. La masa molecular de las diferentes isoformas fue determinada por electroforesis (SDS-PAGE). En el cuadro 13 se puede observar las diferentes isoformas y su fuente de obtención.

Cuadro 13. Masa molecular de las diferentes isoformas de transglutaminasa

Enzima	Masa Molecular (kDa)	Fuente Obtención
TgasaSecretoria	65 - 70	Próstata (cobayo, rata)
TgasaTisular	80 - 85	Hígado (cobayo, rata)
TgasaHemocítica	86	Eritrocitos (hombre)
TgasaQueratinocítica	92	Hígado (rata)
Factor XII a	80	Plaquetas, Placenta, Plasma (hombre)
TgasaEpidérmica	50	Piel (cobayo, hombre)

Fuente: Wilhelm *et al.*, 1996

La TGasa obtenida a partir de hígado de cobayo fue la única fuente de enzima comercial durante varios años. A principios de los años 80, se llevaron a cabo los primeros experimentos en alimentos y se observó la posibilidad de modificar el comportamiento de las proteínas de la leche y de la soja, utilizando TGasa extraída de

hígado de cobayo y de plasma bovino (Ikura *et al.*, 1980). Con posterioridad se intentó obtener cantidades elevadas de la enzima mediante la manipulación genética usando microorganismos huéspedes como *Escherichia*, *Bacillus*, *Aspergillus* o *Saccharomyces*. No obstante, ninguna de esas TGasas se comercializó debido a la baja aceptación y al poco rendimiento obtenido (Seguro *et al.*, 1996).

Finalmente, la producción para uso industrial fue posible por el aislamiento y purificación de una enzima secretada por un microorganismo taxonómicamente clasificado como una variante de *Streptovercillium mobaraense*, actualmente denominada *Streptomyces mobaraense* (Seguro *et al.*, 1996). Esta enzima se caracteriza por formar enlaces covalentes con la proteínas, que es la propiedad fundamental de la TGasa, y se la denominó transglutaminasa microbiana (MTGasa) (Nonaka *et al.*, 1989).

2.3.1. Transglutaminasa microbiana

La Transglutaminasa Microbiana (MTGasa) suele ser obtenida a partir de *Streptovercillium sp.* Es secretada en el medio de cultivo desde la membrana citoplasmática como un zimógeno y se activa por un proceso proteolítico, por lo que no requiere de disrupción celular para su obtención (Zhu *et al.*, 1995).

Es una proteína simple, monomérica que está compuesta por 331 aminoácidos y su masa molecular calculada a partir de su composición de aminoácidos es de 37.863 kDa. Posee una estructura cristalina con una profunda hendidura en uno de los lados de la molécula donde se encuentra el residuo catalítico de Cisteína (Cys64) (Kuraishi *et al.*, 2001).

La estructura compacta que posee la MTGasa es totalmente diferente a la que se obtiene del plasma humano (F XIIIa, estabilizante de la fibrina) y de la de tipo tisular derivada de hígado de pescado (FTGasa, fish transglutaminase), las cuales sí se parecen (Noguchi *et al.*, 2001).

En la estructura tridimensional de la TGasa F XIIIa, un residuo de Tirosina (Tyr) restringe la accesibilidad del sitio activo y posiblemente los iones Ca^{2+} causan un

cambio estructural que libera al residuo de Tyr y permite que se forme un complejo intermedio acil-enzima. Sin embargo, en la MTGasa, el residuo catalítico Cys64 está suficientemente expuesto al solvente lo que le permite reaccionar rápidamente con el sustrato. Esta diferencia entre los dos tipos de enzima marca su utilización en cuanto a la especificidad del sustrato y la velocidad de reacción de la misma (Shimada *et al.*, 2008).

La MTGasa se caracteriza por catalizar la formación de enlaces ϵ -(γ - glutaminil) lisina en la mayoría de las proteínas que contengan glutamina y lisina, como son: caseínas, globulinas de soja, gluten, proteínas de huevo, miosina y fibrina, entre otras, pero debe tenerse en cuenta que la cantidad de enlaces cruzados formados dependerá de la estructura macromolecular de cada sustrato (Dickinson, 1997).

Dado que los residuos de glutamina residen en regiones flexibles de la cadena polimérica o en regiones con giros β o inversos, las caseínas se convierten en excelentes sustratos (Nio *et al.*, 1986).

Los enlaces ϵ -(γ -glutaminil) lisina, que forma la MTGasa, son digeridos por las enzimas digestivas de todos los mamíferos que rompen los polipéptidos en aminoácidos, pero mantienen los dipéptidos ϵ -(γ -glutaminil) lisina intactos. Éstos serán posteriormente absorbidos en la paredes intestinales y se transportaran al hígado, donde son metabolizados por dos enzimas que van a degradar estos enlaces: la γ -glutamyltransferasa (EC 2, 3, 2,2) y la γ -glutamyl-ciclotransferasa (EC 2,3,2,4), generando lisina libre. Además se ha comprobado que la lisina proveniente de los enlaces cruzados se incorpora a los tejidos y es aprovechada por el organismo (Seguro *et al.*, 1996).

Los enlaces ϵ -(γ -glutaminil) lisina se presentan de manera natural en numerosos alimentos, como: huevos de varias especies de pescado (salmón, arenque y sardina (Kumazawa *et al.* 1996), así como en diversos alimentos de pescado, crustáceos, carnes, aves y soja tanto frescos como procesados (Sakamoto *et al.*, 1995). Por el contrario no se hallaron en la leche y productos lácteos, debido posiblemente a la existencia de un péptido inhibidor de la actividad transglutaminasa existente en leche de bovino, cabra y

oveja (De Jong *et al.*, 2003). La mayor cantidad de estos enlaces se encuentran en productos de pescado procesados térmicamente como el *kamaboko* (gel termoestable obtenido tras aplicar temperaturas superiores a 60°C luego de la solubilización de su proteína), o cárnicos, tales como pollo frito, cerdo asado y hamburguesas cocinadas, como consecuencia de la deshidratación de los grupos ϵ - amino de la lisina y los γ -carboxilo de la glutamina lo que favorece la formación de dichos enlaces (Gerrad, 2002). Por otra parte, la MTGasa es también capaz de incorporar aminoácidos o péptidos a sustratos de proteínas, lo cual puede aumentar el valor nutricional de los alimentos porque los aminoácidos o dipéptidos incorporados covalentemente se comportan como aminoácidos endógenos (Nonaka *et al.*, 1996).

No existen estudios enfocados a determinar los límites legales y las condiciones de empleo de la MTGasa. Aunque se ha señalado que su empleo podría aumentar el riesgo de inducir reacciones alérgicas, existen estudios que indican que no existe ningún problema de seguridad con el potencial alérgico de la MTGasa (Pedersen *et al.*, 2004; Poulsen, 2004).

2.3.2. Propiedades físico-químicas.

La MTGasa es estable en un amplio rango de pH, entre 4 y 9, aunque su pH óptimo se localiza entre 6 y 7. Su punto isoeléctrico es 8.9 y pese a que la temperatura óptima de actividad se encuentra entre 45 a 50°C y un pH 6, mantiene su actividad a temperaturas de entre 0 a 50°C (Ajinomoto, 2009). A temperaturas de congelación posee aún cierta actividad, pero su inactivación es irreversible a temperaturas de más de 80°C (Ando *et al.*, 1989; Menéndez *et al.*, 2006).

Como ya ha sido comentado con anterioridad, a diferencia de la transglutaminasa endógena, la MTGasa es totalmente independiente del calcio (Motoki *et al.*, 1990). Esta característica es muy importante a la hora de modificar la propiedades funcionales de las proteínas debido a que muchas de las proteínas presentes en los alimentos, como las caseínas, globulinas de soja y miosina, son susceptibles a la presencia de Ca^{2+} , facilitando éste su precipitación, mientras que otros cationes como K^+ , Na^+ , Mg^{2+} y Ba^{2+} no afectan a su actividad enzimática (Tsai *et al.*, 1996;

Matsumura *et al.*, 2000).

Por otra parte, la MTGasa, puede establecer enlaces cruzados con un mayor número de proteínas que cualquier otra TGasa obtenida de mamíferos (De Jong *et al.*, 2001).

2.3.3. Aplicaciones

La estructura que posee como las propiedades de la MTGasa, le confieren características adecuadas para ser un aditivo de amplio uso en la industria alimentaria. Estas características son:

- trabajar en un amplio rango de pH
- temperatura de actividad baja y media
- elevada velocidad de reacción
- baja masa molecular
- totalmente independiente de Ca^{2+}
- baja especificidad de sustrato
- baja actividad de desaminación

En la actualidad, la MTGasa es empleada para mejorar las propiedades físicas de muchos alimentos ricos en proteínas animal como la carne o los lácteos, o proteína vegetal como la soja, etc. (Kuraishi *et al.*, 2001; Pszczola, 2002), e incluso en productos de panadería, aunque su empleo en la elaboración de productos a partir de músculo de pescado es aún poco frecuente y menos aún cuando se quiere que estos productos mantengan su aspecto de crudo durante la comercialización.

Los enlaces cruzados que se forman como consecuencia de su adición mejoran varias de las propiedades funcionales de las proteínas como son: la capacidad emulsionante, la solubilidad y la gelificación, sin embargo los altos costos y la poca disponibilidad de estas enzimas limitaron su uso en la industria alimentaria durante un periodo de tiempo (Motoki y Seguro, 1998).

Entre las aplicaciones de la MTGasa tanto en la industria alimentaria como fuera de ella caben destacar:

2.3.3.1. Carne y productos cárnicos

La reestructuración de la carne fresca ha sido una de las principales aplicaciones de las MTGasas, empleándose para reestructurar piezas de carne de bajo costo a fin de mejorar su valor comercial (Lee y Park, 2003). La combinación de MTGasa y caseinatos permitía ligar piezas de carne a bajas temperaturas sin necesidad de añadir NaCl dando lugar a un producto cárnico reestructurado con reducida concentración de sal (Kuraishi *et al.*, 1997). La MTGasa se ha empleado en productos elaborados a partir de carne de cerdo, bovino, pollo y cordero, habiéndose demostrado que la eficiencia de la enzima varía con la especie animal (Carballo *et al.*, 2006).

La capacidad que presenta la miosina de formar un gel al formarse gran cantidad de enlaces ϵ -(γ -glutaminil) lisina, como consecuencia de la adición de MTGasa, es un factor de máxima importancia en la preparación tanto de jamones y salchichas (Kuraishi *et al.*, 1998), reestructurados de pollo, como de cualquier otro tipo de producto reestructurado a partir de músculo de ternera o cerdo (Kolle, 2003; Katayama *et al.*, 2006).

Varios investigadores han estudiado el efecto de la concentración de la enzima, sal y fosfatos sobre las características de los productos cárnicos, a fin de aumentar sus propiedades ligantes sin necesidad de aumentar la concentración de NaCl (Huffman *et al.*, 1987; Jiménez *et al.*, 2003; Carballo *et al.*, 2006; Cofrades *et al.*, 2006). Se conoce que mediante su empleo se mejora la estabilidad de las emulsiones proteicas y se incrementa la capacidad emulsionante de los homogenizados de pollo (Ruiz-Carrascal y Regenstein, 2002) y se mejoran las propiedades físico-químicas de los reestructurados (Ramírez *et al.*, 2002; Jiménez *et al.*, 2003; Cofrades *et al.*, 2006).

La MTGasa ha sido empleada para elaborar productos cárnicos reestructurados en frío (Kuraishi *et al.*, 1997; Moller *et al.*, 1997; Cofrades *et al.*, 2006), e incluso dada su capacidad de modificar las propiedades de las proteínas, también se ha empleado

como sustituto de la grasa tanto en productos cárnicos como derivados de la pesca (Novo-Nordisk 1995).

El estudio de diversos ingredientes no cárnicos en combinación con la enzima para modificar las características de textura y retención de agua en diversos productos cárnicos ha sido también ampliamente estudiado. Entre estos estudios cabe destacar la combinación de la MTGasa con caseinatos (Carballo *et al.*, 2006), carragenatos (Pietrasik, 2003), soja (Muguruma *et al.*, 2003), albumen de huevo (Pietrasik, 2003), nueces (Cofrades *et al.*, 2006), surimi (Dondero *et al.*, 2006) y plasma sanguíneo (Jarmoluk y Pietrasik, 2003).

2.3.3.2. Pescado y productos de la pesca.

El empleo de transglutaminasa, tanto endógena como microbiana, mejora la formación de geles de pescado. La MTGasa ha sido empleada para obtener *surimi* de jurel (*Trachurus murphyi*) (Asagami *et al.* 1995; Gilleland *et al.*, 1997; Dondero *et al.*, 2002). En este sentido, Asagami *et al.*, (1995) adicionaron MTGasa en el *surimi* congelado de diferentes especies, los resultados demostraron que los efectos de la MTGasa no sólo dependían de la especie de la que se extrae el músculo sino que también depende de otros factores como por ejemplo su frescura.

Recientemente y con el claro objetivo de incrementar el valor comercial de algunas especies de pescado, se ha propuesto utilizar la MTGasa a bajas temperaturas en la combinación con altas presiones en productos reestructurados de pescado a partir de platija o halibut del pacífico (*Atheresthes stomias*). Los resultados muestran, que los tratamientos con altas presiones mejoran las propiedades mecánicas de los geles de músculo de pescado adicionados con MTGasa, ya que la presurización protege a las proteínas contra la agregación y desnaturalización proteica como consecuencia del tratamiento térmico posterior (Uresti *et al.*, 2006).

2.3.3.3. Otras aplicaciones

Cuando la enzima se añade a productos lácteos, es posible mejorar la fuerza de gel, las propiedades mecánicas y la capacidad de retención de agua, aumentar la viscosidad, la estabilidad, la coagulación enzimática y disminuir la permeabilidad de los geles. Uno de los mayores campos de aplicación de la MTGasa en la industria láctea es la elaboración de yogurt, ya que disminuye la sinéresis e incrementa la fuerza de gel (Lauber *et al.*, 2000).

La caseínas son particularmente buenos sustratos para la MTGasa, en cambio, las proteínas del suero tienden a ser menos eficaces en la formación de los enlaces cruzados debido a su estructura globular y en un sistema mixto, como la leche, las caseínas forman enlaces cruzados preferentemente con las proteínas séricas. La inclusión de la MTGasa acelera la velocidad de formación de los geles de caseína, y les proporciona una mayor viscoelasticidad en relación con los geles obtenidos por acidificación o por renina (Flanagan *et al.*, 2003).

2.4. REESTRUCTURADOS CÁRNICOS

Se consideran reestructurados aquellos productos elaborados a partir de materias primas cárnicas que tras un proceso de desintegración estructural (troceado, picado, etc.), son sometidas a diversos tratamientos de reestructuración, a fin de impartirles las características propias de los productos que pretenden imitar: filetes, porciones magras, carne para asar, etc. Suelen ser comercializados como productos crudos (refrigerados o congelados) y precocinados o cocinados (Mandingo, 1988; Cambero *et al.*, 1991). La elaboración de los reestructurados se fundamenta en procesos tecnológicos que permiten obtener productos con diferente composición química, tamaño de partícula e ingredientes no cárnicos, dando lugar a productos diferentes de la carne de la que proceden.

2.4.1 Ventajas que ofrecen los productos reestructurados

Entre las ventajas y posibilidades que ofrecen los productos reestructurados cabe destacar las que se destacan a continuación (Schmidt *et al.*, 1987; Cambero *et al.*, 1991; Tarrant, 1998; Boles y Shand, 1998; Resurrección, 2003).

- Revalorización de las materias primas cárnicas. Fue uno de los primeros objetivos al permitir el empleo de subproductos (coproductos) o partes de la canal de bajo valor comercial para su transformación, proporcionando al consumidor productos de calidad y a mejores precios.
- Posibilidad de ampliar la gama de productos cárnicos ofertados. Esta tecnología permite obtener productos prácticamente de cualquier forma o tamaño, diversificando la oferta. La manera de comercialización más frecuente de los reestructurados cárnicos es congelada o precocinada. En la actualidad se están comenzando a utilizar agentes que permiten ligazón en frío, que hacen posible la elaboración de reestructurados frescos refrigerados, semejantes a la mayoría de los derivados cárnicos.
- Control exacto y reproducible del peso, atributos sensoriales y propiedades tecnológicas del producto. Esto hace posible elaborar reestructurados con características uniformes y convenientes en cuanto a tamaño y forma (permitiendo además la automatización de su elaboración), comportamiento a la cocción, textura, etc. Esto significa acercar sus características a las exigencias actuales del mercado, que demanda porciones regulares e individuales, de calidad constante, preparación sencilla y rápida, para una mayor comodidad de consumo.
- Formulación de productos de composición garantizada y ajustada. La posibilidad de condicionar la composición permitirá la elaboración de cárnicos con propiedades de alimento funcional, adecuando el producto a las recomendaciones nutricionales actuales. Además esto puede contribuir a cambiar la imagen negativa que existe de algunos productos cárnicos.

2.4.2. Métodos de reestructuración de carne

La mayoría de los métodos para reestructurar carne se basan en la extracción de proteínas usando sal, fosfatos y manipulación mecánica. Posteriormente, se aplica calor para formar una matriz de proteínas gelificadas. Estos productos deben ser comercializados precocidos o congelados porque las partículas de carne no se

mantienen unidas cuando están crudas (Ruiz *et al.* 1993).

Existen métodos de reestructuración que permiten vender productos reestructurados crudos a temperatura de refrigeración. Algunos sistemas conocidos son Fibrimex™®, Alginato [SMR] y Activa GS® (Boles, 2007). Fibrimex™® se basa en el principio de coagulación de la sangre en el cual el fibrinógeno es activado por la enzima trombina para formar la fibrina que puede ser usada como gel natural en la reestructuración de carne (Fibrimex, 2004). El ácido algínico es una goma viscosa que es usada junto con alguna fuente de calcio como agente gelificante (Boles, 2007). ActivaGS® tiene como componente activo la enzima transglutaminasa que puede catalizar la formación de uniones entre proteínas (Griffin *et al.*, 2002). Fibrimex es el único de los anteriores productos aprobado en Canadá, mientras que Activa, alginatos y Fibrimex son aprobados por Japón y los Estados Unidos de Norteamérica (Boles, 2007).

Desmond *et al.* (2001) realizaron estudios acerca de la reestructuración de los músculos del pecho de la res usando la enzima transglutaminasa. En las pruebas sensoriales descriptivas y de aceptación donde los panelistas evaluaron y compararon carne reestructurada con lomo (“striploin”), ambos marinados y sin marinar, y asados en parrilla, la carne reestructurada fue calificada de manera similar al lomo en los atributos de aceptación general y otros atributos individuales como suavidad, textura general y firmeza.

La reestructuración con surimi junto a un estudio con los músculos *bíceps brachii*, *complexus*, *pectoralis profundus*, *infraspinatus*, *longissimus dorsi*, *rhomboideus*, *serratus ventralis*, *supraspinatus*, *tríceps brachii*, *trapezius*, *deltoides* y músculos del cuello (provenientes de los cuartos delanteros de la res) fueron clasificados en tres grupos según la suavidad de acuerdo a la escala de suavidad de Paterson y Parrish (1986). El método de reestructuración con surimi consiste en cortar tiras de carne libre de tejido conectivo y grasa superficial; activar el surimi picándolo y agregándole sal; masajear la carne con tripolifosfato de sodio y surimi activado; empacar en moldes al vacío; y almacenar a temperatura de refrigeración. Ciento cinco panelistas no percibieron diferencias en suavidad, sabor y preferencia general entre las carnes reestructuradas correspondientes a los tres grupos de músculos inicialmente

fijados; el sabor fue percibido como el de un “filete típico” y la preferencia general estuvo en el punto medio de la escala usada (Ruiz *et al.*, 1993).

2.4.3 Disminución del tamaño de partícula, sal, fosfatos y masajeo

La disminución del tamaño de partícula tiene por objetivo romper la estructura muscular y mejorar la suavidad de la carne. Molinos, cortadoras en cubos y rebanadoras son algunos ejemplos de máquinas usadas para reducir el tamaño de partículas de carne.

Es importante que la superficie de la carne a reestructurar esté libre de grasa y epimisio para permitir que la miosina y otras proteínas miofibrilares creen puentes de unión entre los pedazos de carne (Shivar, 1988; Ruiz *et al.*, 1993). Un factor que afecta la cantidad de tejido conectivo y graso que se debe remover de la carne es el tamaño de partícula de la misma, si ésta es mayor a 8mm se debe tener mucho cuidado en la remoción de los tejidos antes citados (Boles, 2007). La grasa puede ser reincorporada al producto reestructurado si es molida en partículas de 4mm o más pequeñas con el fin de mejorar la jugosidad (Boles, 2007).

La sal tiene tres funciones en los productos cárnicos: extracción de proteínas, mejoramiento del sabor y preservación (Claus *et al.*, 1994.). Además la adición de sal a la formulación de carne reestructurada mejora la respuesta de los panelistas durante los análisis sensoriales (Cross y Stanfield, 1976). Los fosfatos son usados para mejorar la jugosidad y la textura, y para prevenir el enranciamiento de las grasas de los productos cárnicos procesados (Boyle, 1995). Sal y fosfatos (0.2% de cada uno) y fosfato solo (0.5%) son usados en la reestructuración de carne de res, y actúan de igual manera; disminuyen la pérdida de agua durante la cocción y aumentan la unión de las partículas de carne (Lamkey *et al.*, 1986).

Booren *et al.* (1981), estudiaron el efecto del porcentaje de sal agregada (0 y 0.5%) y el tiempo de masajeo al vacío (0, 8, 16 y 24 minutos), entre otros factores, en las propiedades de carne de res seccionada y reestructurada. Ellos determinaron que un masajeo al vacío de 16 minutos mejora la cohesión y suavidad de la carne reestructurada. Asimismo, la jugosidad y el sabor no fueron afectados por el tiempo de

masajeo al vacío. Finalmente, encontraron que la carne con 0.5% de sal y masajeada al vacío por 16 minutos fue la mejor metodología de reestructuración.

Booren *et al.* (1981) también realizaron estudios sobre el efecto del tipo de músculo y el tiempo de masajeo, determinándose que la suavidad de la carne mejoró en 20% después de 18 minutos de masajeo y 8% después de 6 minutos de masajeo. Además el masajeo aumentó la jugosidad, el sabor y el rendimiento.

2.4.4 Elaboración de un reestructurado.

2.4.4.1 Preparación de la materia prima cárnica.

Previo la desintegración estructural de la materia prima se realiza una serie de operaciones encaminadas a eliminar el exceso de grasa, la presencia de hueso, tendones, etc.; así como reducir los efectos de la dureza y mejorar la eficacia del resto de etapas.

Para conseguir un mejor aprovechamiento de las porciones cárnicas de mayor dureza, se pueden emplear métodos físicos de ablandamiento los cuales contribuyen a una desintegración estructural, permitiendo una mayor liberación de proteínas miofibrilares. Para este fin se pueden utilizar sistemas multiagujas, cuchillas múltiples, bombos de masaje o ultrasonidos de baja frecuencia (Booren *et al.*, 1981; Flores *et al.*, 1986), e incluso se pueden emplear métodos de ablandamiento químicos.

2.4.4.2 Reducción del tamaño de la materia prima cárnica.

La reducción del tamaño de partícula además de disminuir la dureza, incrementa el área superficial facilitando el acceso y extracción de las proteínas miofibrilares. El grado de fraccionamiento de los productos puede ser muy diverso e incluso puede haber varios tamaños en un mismo producto, lo que proporciona un aspecto diferente al ofrecido en una carne picada de manera tradicional. Puede encontrarse desde un picado fino hasta pequeños músculos enteros, o un desmenuzado o picado más o menos

grosero, cubos y láminas o copos de carne (Huffman y Cordray, 1982). Así tenemos que partículas con tamaño entre 0.8 y 1.5 cm da como resultado productos más parecidos al músculo entero.

Para llevar a cabo el proceso de reducción de tamaño se pueden emplear equipos como: picadora, cutter, troceadora y cortadora en cubos, etc., que se adaptan a diferentes grados de reducción y condiciones de procesado. Este proceso de desintegración se debe llevar a cabo a temperatura controlada, para evitar la pérdida de aptitud tecnológica de las proteínas miofibrilares. El proceso de desintegración de la carne afecta diversas características del producto reestructurado (textura, capacidad de retención de agua, propiedades sensoriales, etc.) (Huffman y Cordray, 1982).

2.4.4.3 Mezclado de los ingredientes.

El proceso de mezclado de la carne con los ingredientes tiene diferentes funciones como: poner en contacto de manera homogénea todos los componentes que formarán el producto final, aumentando la ruptura de las fibras musculares, lo que favorece la liberación de los componentes intracelulares. Este proceso se suele llevar a cabo en mezcladoras de cuba horizontal, dotadas de palas que se mueven lentamente y en trayectorias opuestas, provocando un efecto de amasado.

El mezclado no debe degradar en exceso la estructura de las porciones cárnicas, debiendo ser controlada la temperatura inicial y final del proceso, así como el tiempo de mezclado. También es importante tener en cuenta el orden en la incorporación de los distintos ingredientes, por ejemplo en el caso que se adicione grasa (o cualquier ingrediente con elevada proporción de grasa), se debe hacer después de haber mezclado la porción cárnica magra con el agua, las sales para permitir la solubilización de proteínas.

2.4.4.4 Moldeado del producto.

El proceso de moldeado de las mezclas formuladas consiste en el prensado de la masa cárnica en el interior de un molde que puede ser de acero inoxidable. El tiempo y

la temperatura requerida varían según el tipo de producto que se pretende elaborar

2.4.4.5 Tipos reestructurados cárnicos según la presentación final.

El producto moldeado puede ser sometido a un proceso de congelación, refrigeración o cocción, según el reestructurado final que se pretende desarrollar, obteniéndose de este modo derivados cárnicos de distintas características: congelado, precocinado o cocinado y refrigerado.

- Reestructurado congelado.

Estos productos luego del moldeado son congelados y conservados a baja temperatura (-20 °C), hasta el momento en que son sometidos a un proceso de cocinado (gelificación por calor) y consumidos. La congelación puede realizarse sobre los filetes o porciones individuales, o bien sobre los moldes o bloques de carne. En el caso de los bloques una vez finalizada la congelación, pueden comercializarse como tales o pueden ser cortados en porciones individuales (Cambero *et al.*, 1991).

- Reestructurado precocinado o cocinado.

Este tipo de producto sufre un tratamiento térmico (gelificación por calor) después del moldeado que permite obtener productos terminados, listos para consumo (cocinado) o productos intermedios que deben someterse a un ligero proceso culinario antes de su consumo (precocinado).

- Reestructurado refrigerado.

En este tipo de productos crudos la cohesión inicial no está basada en la consistencia que proporciona la congelación, suelen ser más frágiles y lábiles, y por tanto más difíciles de manejar. Para mejorar este aspecto se emplea diversos gelificantes en frío: alginatos), o bien fibrinógeno y trombina, o preparados de MTG (Serrano, 2006). La MTG puede ser incorporada en polvo, vehiculizada con caseinato, o bien

disuelta en agua. El grado de ligazón desarrollado por la MTG depende de su concentración, temperatura y tiempo de actuación (Sheard, 2002)

2.4.5 Factores que afectan a la calidad de los reestructurados cárnicos durante el proceso de elaboración.

En la elaboración de los reestructurados cárnicos debe prestarse atención a ciertos factores que pueden afectar al correcto procesado y por tanto comprometer las características finales del producto. Entre ellos cabe destacar dos grupos, por un lado los factores asociados a la composición del producto y por otro los meramente tecnológicos.

2.4.5.1 Factores asociados a la composición de los productos reestructurados.

Los ingredientes utilizados en la composición de los reestructurados cárnicos van a ser importantes por cuanto pueden afectar en mayor o menor medida a su calidad final.

La carne empleada para la reestructuración puede proceder de todas las especies de abasto, además por razones económicas se ha probado la incorporación de determinadas vísceras, además de carnes pre-rigor, dada su mayor capacidad de retención de agua y poder de ligazón.

La grasa es el componente de las carnes reestructuradas que muestra más variaciones cuantitativas, oscilando entre 3,5 % hasta más del 20 %

La sal (NaCl) y fosfatos son adicionados para aumentar la fuerza iónica del medio y favorecer la solubilidad de las proteínas miofibrilares base de los fenómenos de ligazón por calor), entre otras funciones.

Las sustancias ligantes y gelificantes como alginatos, carragenatos, almidones modificados, harinas de avena y diversas proteínas de origen animal no cárnicas(sólidos lácteos totales, caseinato sódico, proteínas del plasma sanguíneo, albúmina de huevo, gelatina, etc.) y vegetal (las proteínas aisladas de soja, gluten de trigo, etc.), son

utilizados por razones tecnológicas (gelificación, textura, etc.) y económicas del producto. En la actualidad se está comenzando a emplear MTG que cataliza la reacción de unión covalente entre cadenas peptídicas con residuos glutamina y lisina, permitiendo reducir la necesidad de añadir sal o fosfatos (Kuraishi *et al.*, 1997). Se han realizado diversos estudios sobre la aplicación de MTG en productos cárnicos, desarrollando su actividad a bajas temperaturas ($< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) y periodos de tiempo generalmente inferiores a 24 h, antes de ser inactiva por congelación (Kuraishi *et al.*, 1997) o inactivada por calentamiento (Pietrasik, 2003).

Además de los componentes empleados con propiedades meramente tecnológicas pueden ser incluidos en la formulación de los reestructurados, otros ingredientes no cárnicos con actividades adicionales de carácter funcional.

2.4.5.2 Factores tecnológicos.

Aunque los factores tecnológicos han sido citados en el apartado de elaboración de los reestructurados dentro del proceso al que afecta cada uno de ellos, a continuación serán analizados más detalladamente e incidiendo en sus efectos sobre el producto final.

- Tamaño de la partícula cárnica.

Existen diferentes métodos de reducción del tamaño de la materia prima cárnica sin embargo, el picado es el método más utilizado posiblemente por su sencillez (Boles y Shand, 1998).

El tipo de partícula de carne (tamaño y forma) puede afectar a las características finales del producto (textura, color, propiedades ligantes, sensoriales, etc.). Esto es debido a que diferencias en el área superficial de las partículas cárnica producen cambios en la extracción de proteínas e incrementa la exposición y el contacto de los constituyentes de la carne con los ingredientes no cárnicos incorporados, los cuales pueden influir también en las características finales del producto (Mandingo, 1988). En general, cuanto menor sea el tamaño de las partículas cárnica (mayor grado de fraccionamiento), mayor será la superficie expuesta y accesibilidad de las proteínas

miofibrilares, lo que proporcionará productos mejor ligados y más tiernos (Campbell y Mandingo, 1978). Sin embargo, el grado de fraccionamiento debe ser limitado, de lo contrario el producto final se alejará del aspecto propio deseado para este tipo de productos.

- Temperatura del proceso.

La temperatura de la carne durante el proceso de elaboración de los reestructurados (picado de la carne y mezcla de los ingredientes, principalmente) es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta. El proceso de fraccionamiento se debe llevar a cabo a temperaturas entre 5.6 y -4.4 °C (entre 0 y -2 °C para la grasa) (Mandingo, 1988), mientras que la extracción de las proteínas de la carne durante la mezcla de los ingredientes, conviene transcurra a temperaturas inferiores a 5 °C (Booren *et al.*, 1987). La temperatura aumenta durante el proceso de mezclado a medida que la carne se descongela (Sheard, 2002), siendo más rápida la descongelación con la incorporación de sal (de 0,5 a 1 °C).

- Tiempo de mezclado.

El tiempo de mezcla de los ingredientes es un factor limitante que va a influir en la calidad del producto final. El trabajo mecánico de mezclado no debe degradar demasiado la estructura de la carne. La reducción inicial del tamaño de la carne da lugar a cierta destrucción de la pared celular y liberación de agua, con la agitación adicional (mezclado) se intensifica la extractabilidad proteica, que van a favorecer la ligazón. La agitación prolongada degrada aun más la estructura muscular y aumenta la posibilidad de retención de agua. En general cortos periodos de mezcla dan como resultado texturas blandas y friables, mientras que mezclas excesivas dan como resultado texturas muy elásticas.

Los tiempos óptimos de mezcla se determinan experimentalmente, ya que van a variar con el tipo de mezcladora, la velocidad empleada y la textura final deseada (Serrano, 2006).

2.4.5.3 Factores implicados en la solubilidad de las proteínas.

La elaboración de carnes reestructuradas, al igual que la de otros productos tales como embutidos, depende de la formación de una matriz proteica en el seno del producto. A partir de proteínas miofibrilares y entre las porciones cárnicas, surge una matriz o cemento de unión que facilita la retención de agua, la estabilidad de la grasa y del resto de los componentes del sistema. Para conseguir una adecuada extracción de las proteínas miofibrilares se recurre a métodos físicos y químicos.

- Métodos físicos.

La extracción de proteínas se puede favorecer en las fases de preparación y fraccionamiento de la carne y con la mezcla con otros ingredientes. Los métodos mecánicos permiten la ruptura de la fibra muscular, con el consiguiente incremento de la superficie expuesta a cualquier interacción y permite una mayor liberación de proteínas miofibrilares, permitiendo la obtención de productos de mejor textura (Hayward *et al.*, 1980; Flores *et al.*, 1986; Booren y Mandingo, 1987).

- Métodos químicos.

El incremento en la solubilidad de las proteínas miofibrilares se consigue aumentando la fuerza iónica del medio y el pH. La fuerza iónica depende fundamentalmente de la presencia de sales (NaCl y polifosfatos), que en las concentraciones empleadas en la elaboración de este tipo de productos (de 0,5 a 1,5%), permite la extracción de las proteínas miofibrilares, generando en el medio las condiciones propicias para el establecimiento de una adecuada matriz proteica (Mandingo, 1988). Los polifosfatos ejercen un efecto sinérgico al NaCl, provocando por lo general un aumento de la capacidad de retención de agua, del pH y de la fuerza iónica del medio (Millar *et al.*, 1986).

2.4.6 Análisis de la calidad de los reestructurados cárnicos.

Para evaluar las características del producto desarrollado y garantizar su seguridad tras el proceso de elaboración, se debe realizar el control de su calidad. El concepto de calidad es un término difícil de concretar. Según una de las definiciones más extendidas, la calidad se describe como “aquello que gusta al consumidor y por lo que está dispuesto a pagar más” (Hammond, 1955).

2.4.6.1 Análisis de los factores tecnológicos.

El análisis de estos factores se realiza mediante métodos objetivos y pretende evaluar la respuesta del producto frente a diferentes condiciones de procesado.

- Propiedades ligantes de agua y grasa.

Estas propiedades proporcionan información acerca de la aptitud tecnológica de las proteínas miofibrilares para retener el agua y la grasa en el producto formado. Su determinación se puede llevar a cabo en sistemas modelo, tras la aplicación de un determinado tratamiento térmico, o ser valoradas por efecto de la descongelación, conservación o cocción en el producto final.

- Cambio dimensional debido al tratamiento térmico.

El cambio dimensional que experimentan los productos cárnicos, especialmente las hamburguesas y los reestructurados, tras el tratamiento térmico, es un fenómeno muy común y que de ser inadecuado causa una mala imagen del producto. El principal cambio observado es la deformación (Mounsdon y Jolley, 1987). Asimismo, también puede producirse, aunque es menos frecuente, el incremento en la altura del producto y el desarrollo de orificios en el interior del mismo (Sheard, 2002). Por tanto, la determinación de estos parámetros da idea de las distorsiones en el tamaño producidas en la muestra tras el tratamiento térmico. Las técnicas empleadas son: densitometría, análisis de imagen, etc.

- Medida objetiva del color.

La aceptación de un producto alimentario por el consumidor depende en gran medida de su aspecto externo en el que su color ocupa un papel relevante. El color de los productos cárnicos aporta una información importante, ya que pueden dar idea de la calidad de las materias primas y de la idoneidad de los procesos de elaboración, almacenamiento y conservación. La decoloración es el mayor problema para la comercialización de productos reestructurados, porque disminuye su aceptabilidad (Chen y Trout, 1991). La determinación objetiva del color se lleva a cabo mediante métodos colorimétricos.

- Determinación instrumental de la textura.

En los productos cárnicos la textura es uno de los criterios que más condiciona su aceptación. Dureza, jugosidad, fibrosidad, cremosidad, untosidad, masticabilidad, etc., son algunos de los conceptos utilizados para definir el comportamiento de un producto cárnico cuando se consume y estimula los receptores del tacto de la lengua y del paladar.

La unión entre las partículas que forman el reestructurado condiciona los parámetros de textura, siendo por tanto uno de los factores más importante en este tipo de productos (Field *et al.*, 1984). Para su análisis objetivo se emplean diferentes procedimientos entre ellos el ensayo de Kramer y medida de la fuerza de ligazón de los reestructurados.

Ensayo de Kramer: esta técnica permite determinar la fuerza máxima de corte, definida como la carga máxima por unidad de peso de muestra (N/g).

Medida de la fuerza de ligazón de las partículas que forman el reestructurado: esta técnica permite determinar la fuerza de ligazón (N) entre las partículas que forman el producto reestructurado y la elongación o deformación que sufre hasta su ruptura (mm). La fuerza de ligazón o unión se define como la fuerza aplicada por unidad de área de sección, para separar (directa o indirectamente) las piezas ligadas del producto cárnico (Schmidt y Trout, 1982).

Otros parámetros de textura como la elasticidad, masticación, etc. pueden ser determinados mediante técnicas de relajación-compresión, menos convenientes en este tipo de productos por la dificultad de obtener productos de geometría uniforme.

- Microestructura.

La microestructura o ultraestructura de un alimento ayuda a entender sus características sensoriales y mecánicas. Proporcionando información acerca de la organización compleja de componentes sometidos a la influencia de fuerzas físicas internas y externas, visible únicamente a través de instrumentos específicos (Stanley y Tung, 1976).

- Análisis de los factores sensoriales.

Con independencia de la información aportada por las evaluaciones de los parámetros físico-químicos, el grado de aceptación o rechazo por el consumidor va a estar condicionado por la valoración sensorial del producto. Esta se basa en el empleo de métodos subjetivos de medida de los parámetros sensoriales, utilizando los órganos de los sentidos de personas (panel de catadores) que expresan su opinión sobre ellos y que son traducidos a valores numéricos. Existen distintos tipos de pruebas sensoriales en función del tipo de evaluación que se desee realizar. Estas pruebas se pueden clasificar en cuatro categorías: pruebas discriminativas, pruebas de clasificación, pruebas descriptivas y pruebas hedónicas o de consumo (García y Carraspio, 2002).

- Análisis de los factores higiénicos.

Su interés se sitúa a tres niveles fundamentales: contaminación microbiana, residuos químicos y residuos físicos.

Las carnes reestructuradas son productos cuya elaboración requiere una gran manipulación, por ello la posibilidad de contaminación es elevada. Además como la carne se somete a un troceado más o menos fino, la contaminación microbiana no es sólo superficial. En consecuencia durante su elaboración han de guardarse las máximas

medidas de higiene para conseguir el menor grado de contaminación inicial, ya que estas junto al almacenamiento, van a determinar la vida útil del producto final, en especial en productos frescos-refrigerados.

Por otro lado, se realiza la determinación de compuestos químicos que pueden estar en el producto, bien procedentes de la contaminación ambiental (pesticidas, antimicrobianos, desinfectantes, detergentes, etc.) o por su desarrollo durante la elaboración y/o periodo de conservación (aminas biógenas, oxidación de lípidos, etc.) Además de la determinación de los residuos físicos, restos óseos, plásticos, vidrio, etc. (García y Carraspiro, 2002).

- Análisis de los factores nutritivos.

El valor nutritivo (perfil nutricional) de un alimento se establece basándose en la energía que proporciona, en su contenido en nutrientes (esenciales o no) y en la facilidad para digerir y absorber esos nutrientes. Este valor nutritivo está íntimamente ligado a la composición química proximal del alimento (proteína, grasa, humedad y cenizas) y esta a su vez a la composición de todos y cada uno de los ingredientes utilizados. De manera general se puede establecer la calidad nutritiva al hablar de aporte de proteínas y aminoácidos esenciales, grasas y ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales (García y Carraspiro, 2002)

- Análisis de los factores saludables.

Los efectos beneficiosos para la salud que pueden poseer los alimentos funcionales respecto a su valor añadido, son básicamente de dos tipos en relación con mejoras en funciones fisiológicas (gastrointestinal, sistema inmune, etc.) y con la reducción del riesgo de enfermedad (ECV, obesidad, diabetes, cáncer, osteoporosis, etc.) (Agget *et al.*, 2005). La base científica en que se apoyan dichas alegaciones de sus características saludables, puede derivar de los siguientes tipos de estudios:

- a) Estudios experimentales y/o estudios epidemiológicos.
- b) Estudios de intervención con el empleo de biomarcadores.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Salud Pública y Salud Ambiental de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y en el Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos, Investigación e Instrumentación de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2. Materia prima e insumos

3.2.1. Materias prima

- Carne fresca de Alpaca proveniente del centro de ventas de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pecanas.

3.2.2. Insumos

- Sal común (cloruro de sodio)
- Polifosfato sódico (STP) de MONTANA

- Transglutaminasa Activa GS[®] de Ajinomoto Co.

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales

- Cuchillos
- Tabla de picar
- Recipientes de plástico y/o acero inoxidable
- Moldes para el reestructurado

3.3.1. Equipos

- Molino para carne
- Balanza de precisión digital Adventure[™] (legibilidad 0,01 gramos), OHAUS Corp. USA.
- Termómetro digital de punción TutTemp 3519N, Taylor thermometer USA.
- Refrigeradora y congeladora Electrolux RDE34.
- Texture Analyzer Brookfield- Farnell QTS-25.
- Colorímetro Konica-Minolta CR-410.

3.4 Métodos de análisis y evaluación

3.4.1 Análisis de textura

Mediante un texturometro Brookfield-Farnell QTS-25 se realizó la prueba para determinar el perfil de textura de las diferentes formulaciones. Se usó el acople TA-5, con una esfera de 12.7mm de diámetro, manejando una celda de carga de 500 N y una velocidad de 100 mm/min; las muestras de reestructurado, tanto crudas como cocidas, fueron cortadas en porciones de 5 x 5 x 2 cm para ser evaluadas, el parámetro que se tomó para la determinación de la formula optima fue la cohesividad (Jiménez *et al.*, 2003; Serrano *et al.*, 2004).

3.4.2 Análisis del color

Las coordenadas cieLab (L^* , a^* , b^*) fueron determinadas según el procedimiento señalado por Serrano *et al.* 2004. A las muestras destinadas para la prueba de Textura se les determinó previamente el color con un Colorímetro Konica-Minolta CR-410 (Minolta Camera Co., Osaka, Japan), con iluminante D65, un ángulo de observación de 10° , modo SCI, apertura de 11 mm para iluminación y de 8 mm para la medición. Los resultados fueron expresados como L^* (luminosidad: $+L$ = blanco, $-L$ = negro), a^* (rojizo: $+a$ = rojo, $-a$ = verde) y b^* (amarillo: $+b$ = amarillo, $-b$ = verde) (Serrano *et al.*, 2004; Serrano, 2006).

3.4.3 Análisis de las pérdidas por cocción

Se realizó la valoración de las pérdidas por cocción porcentual (*cooking losses%*) se determinó la pérdida de peso durante la cocción en horno microonda a un 70% de potencia durante 6 minutos. (Serrano *et al.*, 2004; Serrano, 2006).

3.4.5 Análisis de costos

El costo de cada formulación se determinó de la siguiente manera:

Se determinó el costo de todos aquellos conceptos que no varían entre las diferentes formulaciones (ingredientes que no pertenecen a la masa principal), el cual será denominado como Costo Constante (CC). Luego se utilizarán los costos de los ingredientes variables multiplicados por el porcentaje utilizado en la mezcla principal.

$$\text{Costo Total} = [\text{CC} + \text{CAX}_1 + \text{CNX}_2 + \text{CTX}_3]$$

Dónde:

CC= Costo constante (Nuevos Soles)

CA= Costo de carne de alpaca (Nuevos Soles / kg)

CN= Costo de pecana (Nuevos Soles / kg)

CT= Costo de transglutaminasa (Nuevos Soles / kg)

X₁= Porcentaje de carne de alpaca en masa principal (%)

X₂= Porcentaje de pecana en masa principal (%)

X₃= Porcentaje de transglutaminasa en masa principal (%)

Esta función es la que se requiere cuando se desea incluir lo concerniente a costos en una optimización simultánea; así lo establece el software Design-Expert ® 9

3.4.6 Análisis sensorial

Para la formulación optimizada se realizó la prueba de aceptación. Para la selección de los 100 panelistas se aplicó el siguiente criterio de selección: estar comprendidos en el rango de edades de 18 a 30 años (Carpenter *et al.*, 2002). Para la evaluación a los panelistas se les entregó una cartilla de evaluación que contenía una escala hedónica de siete puntos (Peryam *et al.*, 1957) (Anexo 1)

3.4.7 Análisis Químicos nutricionales

Las muestras para el análisis químico proximal fueron picadas y colocadas en una capsula de porcelana 40±0.1g. La capsula se colocó en una estufa marca Memmert a 60°C durante 24 horas para el secado. Una vez que se hicieron pesaron dos días consecutivos y no hubo variación en el peso se determinó que la muestra estaba seca. Pasadas las 24 h se procedió a moler la muestra y a partir de esta muestra se procedió a realizar los análisis.

Se realizaron análisis a la carne de alpaca, pecanas y a la formula optimizada del

reestructurado cárnico obtenido mediante el diseño de mezcla, siguiendo los métodos:

- Contenido de Proteína: AOAC 992.15 (2007)
- Contenido de Grasa Total: AOAC 991.36 (2007)
- Humedad: AOAC 950.46 (2007)
- Cenizas: AOAC 920.153 (2007)

3.5. Metodología Experimental

3.5.1 Diseño de Estudio

En el estudio se desarrolló y evaluó un reestructurado a partir de carne de alpaca, que incluyo pecana y transglutaminasa, para lo cual se obtuvo la formulación optima utilizando el software Desing Expert ® 9 en las diferentes etapas del estudio. Tal como se muestra en la Figura.4

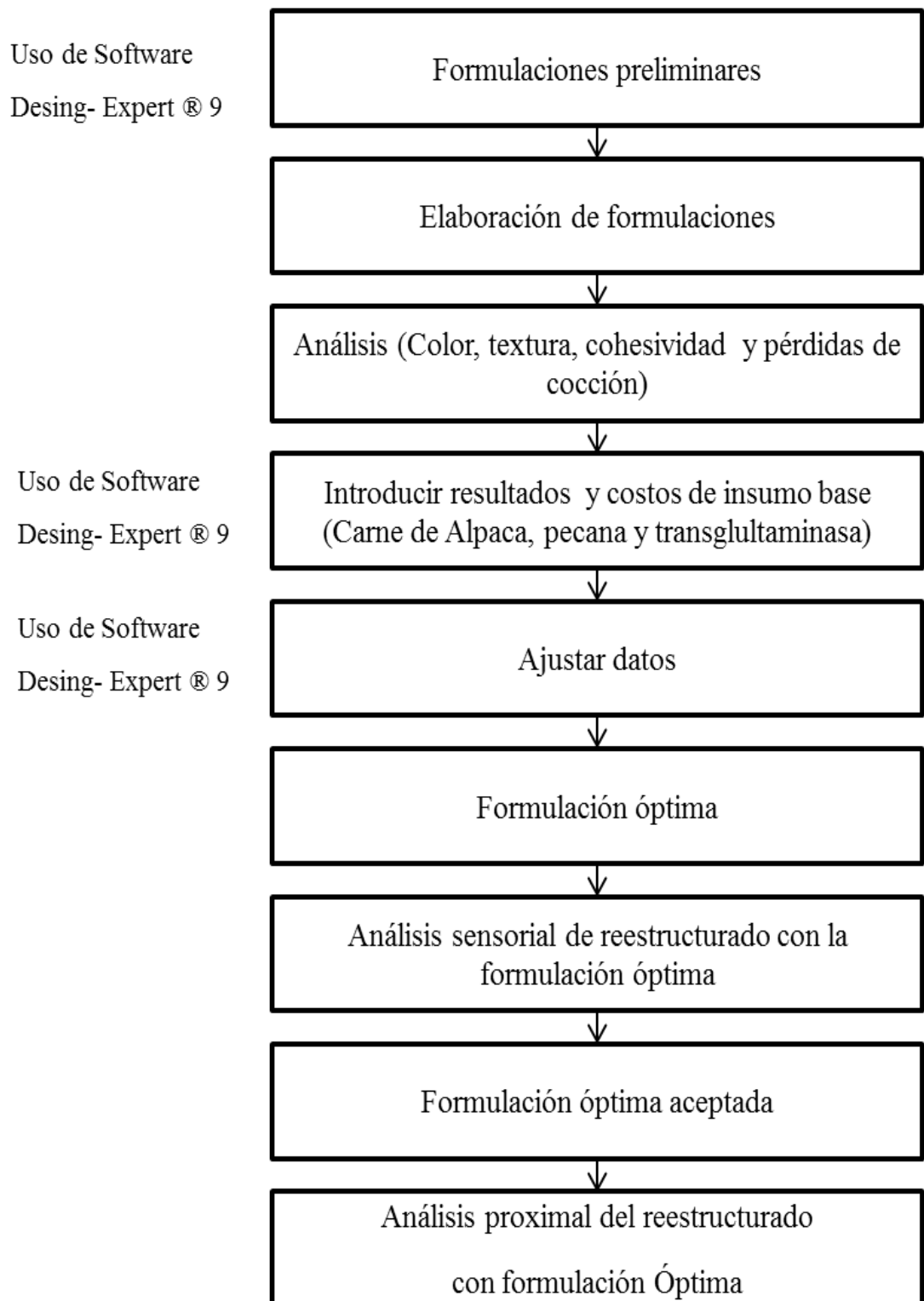


Figura 3. Diseño de estudio

3.5.2 Formulaciones Preliminares

Selección de las muestras por medio del Software Desing Expert ® 9, que nos permite ajustes óptimos del proceso para lograr el máximo rendimiento y así obtener la formulación ideal del producto. Este software simplifica el uso de los Métodos de superficie de respuesta (RSM).

Optimal (custom) Design
 A flexible design structure to accommodate custom models and irregular (constrained) regions. Runs are determined by a selection criterion chosen during the build.

Mixture components: 3 (2 to 24) Total: 100
☒ Horizontal ☐ Vertical Units: g

	Name	Low	High
A [Mixture]	Carne de Alpaca	79	94
B [Mixture]	Pecana	5	20
C [Mixture]	MTGasa	0.5	1

Figura 4. Parámetros para Diseño de las Formulaciones a Evaluar

De acuerdo a esto, se determinó que el número de formulaciones preliminares a evaluar serian 16, tal como se muestra en la Figura 5.

Select	Std	Run	Component 1 A: Carne de ... g	Component 2 B: Pecana g	Component 3 C: MTGasa g
	12	1	94.00	5.29	0.71
	15	2	93.53	5.47	1.00
	16	3	79.48	20.00	0.52
	5	4	86.09	13.11	0.80
	10	5	91.89	7.61	0.50
	7	6	84.28	14.72	1.00
	14	7	79.00	20.00	1.00
	11	8	87.56	11.75	0.69
	6	9	82.61	16.39	1.00
	1	10	79.00	20.00	1.00
	3	11	89.04	10.40	0.56
	9	12	91.89	7.61	0.50
	2	13	94.00	5.29	0.71
	4	14	80.90	18.10	1.00
	13	15	79.48	20.00	0.52
	8	16	93.53	5.47	1.00

Figura 5. Formulaciones a evaluar

3.5.3 Flujo de operaciones

La elaboración de Reestructurado cárnico se realizó considerando el flujo de operaciones mostrado en la Figura 6.

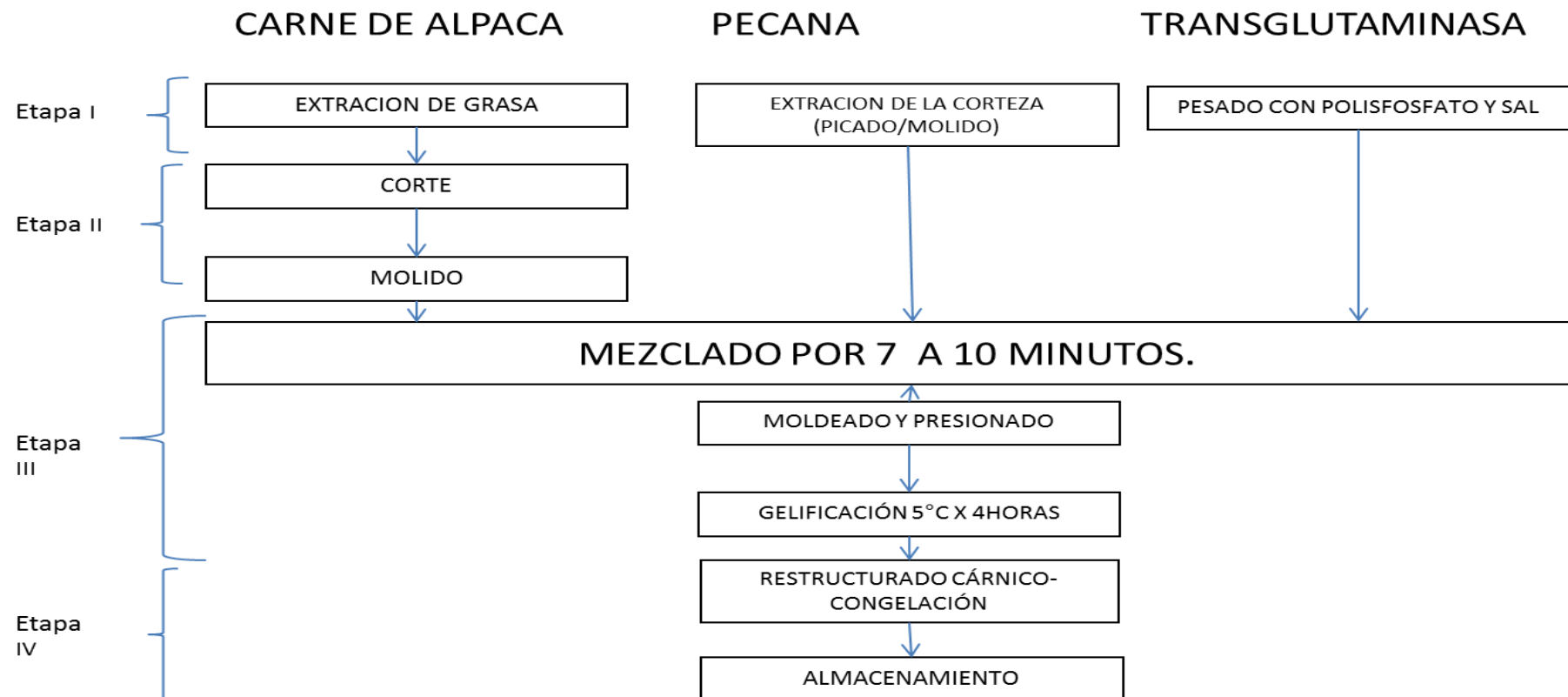


Figura 6. Flujo de operaciones para la elaboración del reestructurado de carne de alpaca.

Fuente: Adaptado de Serrano (2006)

3.5.3.1 Descripción del flujo de operaciones

Etapa I:

- A la carne seleccionada se le extrajo la grasa visible y fascias, siempre tratando de mantener temperatura de refrigeración.
- La pecana seleccionada fue extraída de su corteza y almacenada.
- La sal, tripolifosfato y transglutaminasa fueron pesados y mezclados.

Etapa II:

- La carne y la pecana fueron cortados y molidos hasta obtener partículas de 0.6 a 1.0 cm, y menor a 0.4 cm respectivamente.

Etapa III:

- Se mezclaron todos los ingredientes hasta obtener una mezcla equilibrada de la pecana en la carne, aproximadamente de 7 a 10 minutos a mano.
- La masa fue colocada en los moldes y aplicándose una ligera presión para extraer el aire.
- Los moldes con la masa fueron ubicados en la cámara fría, a 5 °C, siempre manteniendo la presión constante durante el periodo gelificación de 4 horas.

Etapa IV:

- Ya formado el reestructurado cárnico fue desmoldado y congelado para evitar que continúe actuando la enzima.
- Se almaceno hasta el momento de ser analizado.

3.6. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos fueron analizados utilizando el software Desing Expert[®]9 y la estadística descriptiva.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de los reestructurados preliminares con carne de alpaca ,pecana y transglutaminasa.

4.1.1 Análisis de color

La luminosidad (L^*) en todas las formulaciones fueron mayores a la de carne de alpaca con un promedio de 36.17 ± 2.12 . En los valores de rojos (a^*) tuvo un valor promedio de 11.31, siendo las formulaciones 1 (a^* : 13.15) y 12 (a^* : 13.34) las que se acercan más al color natural de la carne de alpaca. Los valores de amarillo (b^*) fueron elevados en la totalidad de las formulaciones.

4.1.2 Análisis de textura y pérdidas por cocción

En cuanto a la textura la mayoría de formulaciones preliminares tuvieron un índice ligeramente elevado de cohesividad y la mayor parte de las formulaciones tienen valores

bajos para pérdidas por cocción. En el cuadro 14 se pueden observar los resultados de los análisis físicos y químicos.

Cuadro 14. Análisis físico-químico del Reestructurado de carne de alpaca, pecana y transglutaminasa GS

Formulaciones									
N° de Formulación	Carne de Alpaca (%)	Pecana %	Transglutaminasa %	Cohesividad	<i>Cooking Losses</i> %	Costo S/. 100g	L*	a*	b*
1	94.00	5.29	0.71	0.66	19.71	3.25	40.68	13.15	5.84
2	93.53	5.47	1.00	0.75	15.83	3.32	40.26	12.41	5.17
3	79.48	20.00	0.52	1.35	21.88	3.48	47.80	9.85	8.54
4	86.09	13.11	0.80	0.47	20.55	3.41	46.96	9.61	5.40
5	91.89	7.61	0.50	0.55	20.48	3.25	45.02	11.14	3.83
6	84.28	14.72	1.00	0.53	21.17	3.49	46.40	9.99	3.90
7	79.00	20.00	1.00	0.61	15.84	3.58	48.52	11.59	7.93
8	87.56	11.75	0.69	0.64	15.73	3.36	45.56	12.11	5.50
9	82.61	16.39	1.00	0.65	15.69	3.52	49.89	11.89	9.10
10	79.00	20.00	1.00	0.63	17.08	3.58	48.17	11.74	7.45
11	89.04	10.40	0.56	0.63	14.53	3.31	44.77	12.46	6.80
12	91.89	7.61	0.50	0.67	16.83	3.25	44.09	13.34	7.34
13	94.00	5.29	0.71	0.83	14.02	3.25	45.27	10.68	5.82
14	80.90	18.10	1.00	0.55	16.32	3.55	49.34	10.23	8.56
15	79.48	20.00	0.52	0.54	15.85	3.48	49.93	10.29	8.47
16	93.53	5.47	1.00	0.74	13.86	3.32	44.69	10.50	5.61

4.2 Formulación óptima del reestructurado.

En el Cuadro 15. Se muestra la formulación ajustada, a parámetros de cohesividad, pérdidas por cocción y costos mediante el software Desing Expert ®9.

Cuadro 15. Resultados de análisis físico-químico de la formulación preliminar ajustada

Number	Carne de alpaca	Pecana	Mtgasa	Cohesividad	Cooking Losses	Costos	Desirability	
1	84.930	14.153	0.917	0.550	17.210	3.458	0.555	Selected

4.3 Evaluación de aceptación del reestructurado de carne de alpaca, pecana y transglutaminasa.

Los resultados del análisis sensorial de aceptación para el reestructurado óptimo de carne de alpaca, pecana y transglutaminasa se muestran en el Cuadro 16. Todos los panelistas calificaron al producto dentro de la escala hedónica que va de Me gusta un poco (grado aceptación 5) hasta Me gusta extremadamente (grado de aceptación 7)

Cuadro 16. Análisis de datos del análisis sensorial

Escala hedónica	Grado de aceptación	Frecuencia absoluta simple (n _i)	Frecuencia absoluta acumulada (N) _i	Frecuencia relativa simple (f _i)	Frecuencia relativa simple (%f _i)	Frecuencia relativa acumulada (%F _i)
Me gusta extremadamente	7	1	1	0.01	1	1
Me gusta mucho	6	48	49	0.48	48	49
Me gusta un poco	5	35	84	0.35	35	84
No me gusta ni me disgusta	4	9	93	0.09	9	93
Me disgusta ligeramente	3	7	100	0.07	7	100
Me disgusta mucho	2	0	100	0	0	100
Me disgusta extremadamente	1	0	100	0	0	100
		100		1	100%	

4.4 Análisis Proximal

Los resultados del análisis químico proximal del reestructurado de carne de alpaca, pecana y transglutaminasa (formulación óptima) se muestran en el Cuadro 17.

Los resultados de análisis proximal de carne de alpaca y pecana se pueden observar en los anexos 2 y 3.

Cuadro 17. Resultados del análisis proximal del Reestructurado de Alpaca óptimo.

Ensayos	Resultados
Humedad (g/100g)	65.55
Proteína(g/100g)(Nx6.25)	20.06
Grasa(g/100g)	12.60
Ceniza(g/100g)	1.48
Carbohidratos (g/100g)	4.31

V. DISCUSION

En el Perú, la alpaca es una especie cuyo fin está limitado a la producción de fibra de alta calidad; sin embargo el precio de esta hace que sea una producción no muy bien compensada. En la actualidad el consumo de carne de alpaca está restringido al autoconsumo de la población alto andina, siendo de gran importancia para esta gente como fuente de proteína para la subsistencia y bienestar de las familias que viven en esa zona (Farfiel, 2006). Por lo anteriormente indicado una alternativa para obtener mejores ganancias en este tipo de producción sería el aprovechamiento de la carne de camélidos mediante la transformación de esta, con el fin de obtener un mayor valor agregado.

La transformación de la carne de alpaca en un producto cárnico debe cumplir con algunas características tecnológicas y sensoriales que lo hagan agradable al consumidor y por lo tanto comercialmente aceptable. Por ello, es este estudio se desarrolló un producto cárnico como el reestructurado cuyo consumo va en aumento. Durante su elaboración se evaluaron parámetros tecnológicos básicos como color, textura, pérdidas por cocción y costos. Finalmente, el producto obtenido fue evaluado sensorialmente.

La aceptación de un producto alimentario por el consumidor depende en gran medida de su aspecto externo en el que su color ocupa un papel relevante. El color de los productos cárnicos aporta una información importante, ya que pueden dar idea de la calidad de las materias primas y de la idoneidad de los procesos de elaboración, almacenamiento y conservación. La decoloración es el mayor problema para la comercialización de productos reestructurados, porque disminuye su aceptabilidad (Chen y Trout, 1991).

Dentro de los parámetros evaluados tenemos el color donde se determinó la luminosidad (L^*), los índices de rojos (a^*) y los índices de amarillo (b^*). Así tenemos, que la luminosidad hallada en la totalidad de las formulaciones preliminares de reestructurado (40.26-49.93) tuvieron valores superiores con respecto a lo encontrado en carne de alpaca (36.17 ± 2.12) según lo reportado por Salvá *et al.* (2009) y los valores de encontrados para un reestructurado de esta carne pero sin pecana ($L^*39.91$). Probablemente esto se deba al porcentaje de aceite y grasa que proporciona la pecana usada en el estudio. Esto se debe a que la grasa y el aceite se caracterizan por ser insumos que dan brillantez a cualquier donde son incluidos. Así tenemos, que Pérez *et al.* (1998) indican que aquellas materias primas con mayor contenido en grasa son las que presentan mayores valores de (L^*), lo que coincide con los valores encontrados en el reestructurado del experimento.

En cuanto al índice de rojos (a^*) se obtuvieron valores ligeramente inferiores a los reportado por Salva y colaboradores, (2009) con promedio de (15.05 ± 1.44), y la totalidad de formulaciones preliminares tienen un promedio de (9.61- 13.15). Esto probablemente se deba a la inclusión de insumos como pecana que tiene un color amarillento al ser molido que al mezclarse con la carne de alpaca estaría diluyendo el color rojo. Este efecto se ha atribuido a la dilución del pigmento de la carne debido a la presencia de elementos no cárnicos según Rocha- Garza y Zayas (1996).

En cuanto al color amarillo (b^*), la totalidad de las formulaciones preliminares del estudio tuvieron índices mayores (3.83 - 9.10) respecto un índice de (1.16 ± 2.30) de carne de alpaca debidamente a lo anterior expuesto a inclusión de pecana que le un color amarillento. Según lo reportado por Serrano (2006); quien elaboro un

reestructurado con carne de res y nuez; la inclusión de elementos no cárnicos como la nuez provocó en el reestructurado un incremento en los parámetros L^* y b^* así como una disminución de a^* .

La textura es uno de los atributos primarios que junto con el color, olor y sabor conforman la calidad sensorial de los alimentos. Siendo esta la característica de calidad más apreciada por el consumidor. Para la evaluación de calidad de un producto se trabaja el perfil de textura el cual está compuesto por varios parámetros de los cuales la cohesividad es el parámetro que hemos evaluado con el fin de verificar si la ligazón o unión entre las partículas que conforman el reestructurado se ha realizado de manera eficiente (Bourne, 1978, Issanchou, 1996).

En el trabajo desarrollado se obtuvo una cohesividad en promedio de 0.675 ± 0.20 valor más alto que el encontrado por Andrade el cual reporta una cohesividad de 0.5 ± 0.25 , en el reestructurado con carne de alpaca y nuez y mucho más elevado que el valor encontrado para el reestructurado elaborado con la misma carne pero sin pecana (0.44). Si tenemos que a mayor valor menor cohesividad tenemos que la inclusión de pecanas da lugar a la formación de estructuras más blandas. Esto lo corrobora Serrano (2006) quien indica que la incorporación de nuez (fruto de la misma familia que la pecana) en más de un 10% provocó un ablandamiento progresivo de los productos, disminuyendo la cohesividad.

Esta baja cohesividad se ha relacionado con diversos factores, uno de ellos es la grasa que le incorpora al producto la pecana. Investigaciones indican que el incremento de grasa puede provocar una disminución en la cohesión entre las partículas de carne disminuyendo la resistencia al corte según lo reportado por Serrano (2006).

Farouk *et al.* (2000) indica que al incluir ingredientes no cárnicos se puede reducir la proporción de agua disponible para constituir la matriz proteica formada en los procesos de gelificación, lo cual puede significar una menor unión entre partículas. Asimismo, Serrano (2006) y Andrade (2012) indican que la incorporación de este tipo de ingredientes da lugar a estructuras que tienen menor rigidez y se rompen más fácilmente, efecto atribuido principalmente a la dilución que provocan en el sistema

proteico (Rocha-Garza y Zayas, 1996; Tsai *et al.*, 1998), o a la reducción en la fricción y/o unión entre las partículas de carne (Saleh y Ahmed, 1998).

Finalmente, se debe considerar que la textura de los productos cambia según los cambios de composición que se pueden producir durante el procesado; así por ejemplo productos que tienen igual composición pero diferentes valores de pérdidas de peso por cocción tendrán valores diferentes de textura. Así tenemos que aquellos que han perdido menos agua darán lugar a productos más blandos (Shao *et al.*, 1999).

En relación a la incorporación de transglutaminasa microbiana MTGasa Activa GS® de Ajinomoto Co. se encontró que el porcentaje de 0.5 da valores de cohesividad más bajos (mayor dureza) que cuando se usa 1.0%, estableciéndose un porcentaje de 0.917 de MTGasa para la formulación óptima la cual tiene una cohesividad de 0.55, valor cercano al encontrado por Andrade (2012), quien indica que a 0.50 de cohesividad se tiene un reestructurado con características agradables de textura.

Al realizar el análisis proximal del reestructurado optimizado (Cuadro 17) se obtuvo valores de humedad de 65.55%, proteína 20.06% y grasa 12.60% y cenizas 1.48%. Estos valores nutricionalmente son valiosos ya que el reestructurado presenta un valor de proteína muy similar al encontrado en la carne de otras especies.

El porcentaje de proteína hallado en el presente estudio se parece mucho al encontrado por Andrade (2012) en el reestructurado con carne de alpaca pero con nuez (20.87%) la pequeña diferencia tal vez se deba a que el porcentaje de nuez incluida en el trabajo de Andrade fue de solo 7.49% mientras que en este estudio se añadió el 14%; si comparamos el valor encontrado con lo hallado por Serrano (2006) tenemos que a pesar que este autor incorpora un porcentaje menor de nuez (10%) el valor de proteína es mucho menor (16.36%), esto se puede deber a que él trabaja con carne de Bovino la cual tiene un porcentaje de proteína (18.47) menor que la carne de alpaca (22.69; Salvá *et al.*, 2009). Por lo que se podría decir que el porcentaje final de proteína de los reestructurados estará influenciado por el porcentaje de proteína de la materia prima y de los insumos que se incluyan para enriquecer las características nutricionales.

Otra diferencia hallada en el análisis proximal del reestructurado se encuentra en el porcentaje de grasa. La grasa reportada por (Serrano 2006) en el porcentaje de 10 a 20% de nuez nos da un promedio de (8.26-13.59) 10.92% de grasa con respecto a los 12.60% encontrado en el reestructurado optimizado lo cual nos indicaría que la pecana al poseer un nivel de grasa superior en un 8% al respecto a la de nuez que contiene un 65% según (USDA, 2013). La diferencia de grasa se vería reflejada en el reestructurado optimizado.

El porcentaje de humedad hallado en este estudio es ligeramente inferior al encontrado por Serrano (2006) (66.54%) a pesar que ellos agregan un menor porcentaje de nuez, esto se puede deber a que la carne de bovino tiene un mayor porcentaje de humedad que la carne de alpaca; y la nuez (3.80%) tiene más humedad que la pecana (3.52%), lo que podría explicar que tengan valores muy cercanos de humedad. Asimismo, el valor encontrado en este reestructurado es inferior al reestructurado realizado con nuez por Andrade (2012) (72.53%), lo cual se puede deber a que Andrade usa 7.49% de nuez, mientras que nosotros usamos 14.153% de pecana que solo tiene 3.52% de agua, por lo que al haber añadido un producto con menor humedad estaríamos bajando la humedad final del producto final.

En cuanto al porcentaje de grasa tenemos que en el valor del presente estudio está muy por encima de lo encontrado por Andrade (2012) quien encuentra un 3.81% de grasa o Serrano (2006) quien encuentra (8.26%), esto se puede deber a que ellos usan 7.49 y 10% de nuez respectivamente. Además, otro factor que estaría influyendo en el porcentaje de grasa sería el contenido de grasa de la nuez (65.05%) y la pecana (71.97%), conteniendo esta última un mayor porcentaje.

En cuanto al porcentaje de cenizas, sabemos que la composición de este parámetro está dado por los minerales y compuestos inorgánicos que puede tener la carne. El valor encontrado es menor que el hallado en otros reestructurados, esto se puede deber a que el contenido de minerales es variable en el músculo debido a diversos factores como la raza, edad, peso y alimentación, así como a la diferencia en la toma de muestra, técnica analítica de determinación o a la variabilidad entre cada animal (Elgasim y Alkanhal, 1992).

La formulación optima fue hallada mediante el análisis sensorial, obteniéndose resultados por encima de la media de la escala utilizada, esto nos sugiere que el reestructurado con la formulación optima (84.934% de carne, 14.153% de pecana y 0.917 % de transglutaminasa) es bien aceptado por los consumidores teniendo un 84% de aceptación. Esta aceptación del reestructurado se podría deber al enmascaramiento del aroma característico de la carne de alpaca al usar pecana dentro de la composición. Además, el hecho de tener un elevado porcentaje de humedad ayuda a que sea más agradable sensorialmente, esto posiblemente se deba a la inclusión de fosfatos en la mezcla los cuales se caracterizan por potenciar la capacidad de retención de agua que ayuda a mejorar el color y aroma.

Finalmente, el costo de elaboración del reestructurado con formulación optima fue de S/. 34.58 Nuevos soles/kg. Si bien el precio es superior con respecto a la carne de alpaca se debe de considerar que este producto ya entra en la categoría de delicatessen ya que mejora el sabor de la carne de alpaca y funcional porque provee de ácidos grasos benéficos para el consumidor y que son proporcionados por la pecana. Finalmente, se puede decir que es una buena opción para mejorar la comercialización de la carne de alpaca y darle un valor agregado a esta carne.

VI. CONCLUSIONES

- La formulación óptima para la elaboración de un reestructurado a base de carne de alpaca pecana y transglutaminasa contenía 84.930% de carne, 14.153% de pecana y 0.917 % de transglutaminasa.
- El reestructurado elaborado a base de carne de alpaca, pecana y transglutaminasa, alcanzo un nivel de aceptación del 84%
- Se obtuvo un reestructurada de carne de alpaca con inclusión de pecana y transglutaminasa, aceptado sensorialmente, manteniéndose los niveles de proteína dentro de estándares comerciales con una factibilidad en costos de elaboración.
- La composición proximal del reestructurado con formulación optima fue: 12.60 % de grasa, 65.55% de humedad, 20.06 % de proteína, 1.48 % de cenizas y carbohidratos 0.78 %. Encontrándose en los parámetros nutricionales de normas internacionales.

VII. RECOMENDACIONES

1. Seguir desarrollando investigaciones de este tipo que combinan dos o más nutrientes con propiedades muy particulares como son la carne de alpaca y pecana
2. Complementar la investigación, realizando pruebas con las diferentes proporciones de pecana para valorar su aporte de ácidos grasos y así comprobar la proyección de alimento funcional de este reestructurado y observar si cumplen con los valores recomendados de ácidos grasos poli-insaturados para la ingesta diaria
3. Se recomienda el incursionar con evaluaciones de extractos naturales que brinden una protección contra la oxidación de las grasas, además de realizar ensayos con diferentes tipos de conservación para productos de este tipo.

VIII. LITERATURA CITADA

1. [CONACS] Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos. 2005. Plan estratégico nacional de camélidos sudamericanos. Lima. Peru.
2. [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - IT. 2005. Situación Actual de los Camélidos Sudamericanos en el Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina CP/RLA/2914. 14 p.
3. [INEI] - Instituto Nacional de Estadística e Información. 2012. Compendio Estadístico. INEI. Lima. . 462 p.
4. [USDA] Department of Agriculture. USA. 2013. "Pecan Nut." USDA NUTRIENT DATABASE [Internet], [12 agosto]. Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3723?fg=&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=pecan+nut>.

5. Aggett PJ, Antoine JM, Asp NG, Bellisle F, Contor L, Cummings JH, Howlett J, Müller D J. 2005. Process for the Assessment of Scientific Support for Claims on Foods. Consensus Criteria. European Journal of Nutrition, 44 (Suppl.1).
6. Ajino moto. 2009. Ajinomoto Co's Transglutaminase Activa Modification of Physical properties of Protein. 10 p.
7. Andrade D. 2012. Efecto de la inclusión de nuez común (*Junglans regia* L.) y transglutaminasa en la elaboración de un reestructurado de carne de alpaca (*Vicugna pacos* L). Tesis de Magister en tecnología de alimentos. Lima. Univ. Nac. Agraria La Molina. 118 p.
8. Ando H, Adachi M, Umeda K, Nonaka M, Uchio R, Tanaka H, Motoki MD, Walter C, Willett M, Frank H. 1989. Purificación and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms Agriculture Biological Chemical 53(10): 613-617.
9. Antonini M, González M, Valbonesi A. 2004. Relationship between age and postnatal skin follicular development in three types of South American domestic camelids. Livestock Production Science 90: 241–246.
10. Aréstegui D. 2005. Alpaca and Vicuña: General perspectives. En Proceedings of the ICAR/ FAO seminar, ICAR technical series no. 11 (pp. 31-36). Sousse, Túnez.
11. Ávila M y Rojas V. 1979. Relación del peso vivo, peso de vellón en diferentes edades de alpacas var. Huacaya. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Puno: Univ. Nac. Técnica del Altiplano. 76 p
12. Asagami T, Ogiwara M, Wakameda A, Noguchi S. 1995. Effect of microbial transglutaminase on the quality of frozen surimi made from various kinds of fish species Fish Sciences 61(2): 267-272.

13. Boles J. 2007. Restructured Meat Products. Animal and Range Sciences, Montana State University [Internet], [28 setiembre]. Disponible en: <http://animalrange.montana.edu/current-students.htm>.
14. Boles JA, Shand P J. 1998. Effect of comminution method and raw binder system in restructured beef. Meat Science, 49 (3): 297-307.
15. Booren A, Jones K, Mandigo R, Olson D. 1981. Effects of blade tenderization, vacuum mixing, salt addition and mixing time on binding of meat pieces into sectioned and formed beef steaks. Journal of Food Science 46 (6): 1678–1680.
16. Booren AM, Mandigo RW. 1987. Fundamentals of production. In Pearson A. M. & Dutson, R. T. (Eds.). Restructured meat and poultry products, advance in meat research. Vol. 3, pp 351-382. Van Nostrand. New York.
17. Borda A, Ottone G, Quicaño I. 2007. No solo de fibra viven los alpaqueros. En desco (comp.), Perú hoy: mercados globales y (des)articulaciones internas (pp. 329-359). Lima: DESCO.
18. Bourne M. 1978. Texture profile analysis. Food Technology Vol 37: 62-67, 72.
19. Boyle E. 1995. Ingredients in processed meat products. [Internet], [24 octubre]. Disponible: <http://www.asi.ksu.edu/DesktopModules/ViewDocument.aspx?DocumentID=4270>. 12 p.
20. Bustinza V, Garnica J, Maquera Z, Larico J, Apaza E, Foraquita S. 1993. Carne de alpaca. Editorial Universidad Nacional del Altiplano Puno, 140p.
21. Cabrera L. 2003. Utilización de carne de cordero y alpaca en productos tipo salchicha frankfurt y jamón ahumado. Univ. Nac. Agraria La Molina. Lima, Perú., Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. 110 p.

22. Cambero M I, López MO, García de Fernando GD, Ordoñez, J. A. (1991). Restructured meats. II. Manufacture and marketing. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31 (4): 447-458.
23. Campbell JF, Mandingo RW. 1978. Effects of portion thickness and cooking temperature on the dimensional properties and composition of restructured pork. *Journal of Food Science*, 48: 1731-1734.
24. Carballo J, Ayo J, Jiménez-Colmenero F. 2006. Microbial transglutaminase and caseinate as cold set binders: Influence of meat species and chilling storage. *Lebensm-wiss. U.Technol* 39(6): 692-699.
25. Carpenter RP, Lyon DH, Hasdell TA. 2002. *Análisis Sensorial en el Desarrollo y Control de la Calidad de Alimentos*. Madrid: Acribia. 191 p.
26. Claus J, Jhung-Won C, Flick G. 1994. "Processed meats/poultry/seafood." in *muscle foods: meat, poultry, and seafood technology*. Eds. DM Kinsman, AW Kotula; BC Breidenstein. Nueva York: Chapman and Hall. 150
27. Coates W, Ayerza R. 2004. Fatty Acids composition of llama muscle and internal fat in two Argentinian herds. *Small Ruminant Research. Meat Science* 52: 231-238.
28. Cofrades S, Ayo J, Serrano A, Jiménez-Colmenero F. 2006. Walnut, microbial transglutaminase and chilling storage time effects on salt-free beef batter characteristics. *Euro Food Restaurant International* 222(3-4): 458-466.
29. Cristofanelli S, Antonini M, Torres D, Polidori P, Renieri C. 2004. Meat and Carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Meat Science* 66: 589-593

30. Cross H, Stanfield M. 1976. Consumer evaluation of restructured beef steaks. *Journal of Food Science* 41 (5): 1257–1258.
31. Chen CM, Trout GR. 1991. Sensory, instrumental texture profile and cooking properties of restructured beef steaks made with various binders. *Journal of Food Science*, 56 (6): 1457-1460.
32. Chisholm A, Mann J, Skeaff M, Frampton C, Sutherland W, Duncan A, Tiszavari SA. 1998. A diet rich in walnuts favourably influences plasma fatty acid profile in moderately hyperlipidaemic subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* 52: 12-16.
33. De Jong G, Wijngaards G, Boumans H, Koppelman SJ, Hessing M. 2001. Purification and substrate specificity of transglutaminases from blood and *Streptovorticillium mobaraense*. *Agricultural Food Chemical* 49(7): 389-393.
34. Desmond E, Troy D, Kenny T, McDonagh C, Ward P. 2001. Development of value added beef products. [Internet],[12 agosto]. Disponible en:<http://www.teagasc.ie/research/reports/foodprocessing/4894/eopr-4894.htm>
35. Dickinson E. 1997. Enzymatic crosslinking as a tool for colloid rheology control and interfacial stabilization. *Trends Food Sciences Tech* 8(10): 334-339.
36. Dondero M, Curotto E, Figueroa V. 2002. Transglutaminase effects on gelation of jack mackerel surimi *Trachurus murphyi*. *Food Sciences Tech Int* 8(1): 49-54.
37. Elgasim EA, Alkanhal M A. 1992. Proximate composition, amino acids and inorganic mineral content of Arabian Camel meat: comparative study. *Food Chemistry*, 45, 1-4.

38. Eynard AR, López CB. 2003. Conjugated linoleic acid (CLA) versus saturated fats/cholesterol: their proportion in fatty and lean meats may affect the risk of developing colon cancer. *Lipids in Health and Disease* 2: 6-10.
39. Fairfield T. 2006. The Politics of Livestock Sector Policy and the Rural Poor in Peru. En D.K. Leonard (Research director), Pro-Poor Livestock Policy Initiative (PPLPI), Working Paper No. 32 (70 pp.). Roma: Food and Agriculture Organization – Animal Production and Health Division.
40. Fernández S, Sumar J, Leyva V. 1972. Pubertad en la alpaca. *Rev. Inves. Pec (IVITA) UNMSM* .Lima, Perú.
41. Fibrimex. 2004. What is fibrimex? [Internet], [12 agosto]. Disponible en: <http://www.fibrimex.com/index.asp>.
42. Field RA, Williams JC, Prasad VS, Cross HR, Secrit JL, Brewer M S. 1984. An objective measurement for evaluation of bind in restructured lamb roasts. *Journal of Texture Studies*, 15 (2): 173-178.
43. Flanagan J, Gunning T, Fitzgerald RJ. 2003. Effect of cross-linking with transglutaminase on the heat stability and some functional characteristics of sodium caseinate. *Food Research International* 36(3): 267-274
44. Flores HA, Kastner CL, Kropf DH, Hunt MC. 1986. Effects of blade tenderization and trimming of connective tissue on hot-boned restructured, pre-cooked roast from cows. *Journal of Food Science*, 51: 1176-1179.
45. Fraser GE. 1999. Nut consumption, lipids and risk of a coronary event. *Clinical Cardiology* 22 (Supp III): 1-15
46. García C, Carraspio AI. 2002. Control de calidad de los productos cárnicos. Parámetros de calidad. Métodos de análisis. Laboratorios de Control. In Macías

& Macias (Eds.). Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos. Vol. 2., pp. 1588-1599. Plasencia. Cáceres. España.

47. Gerrad J. 2002. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. *Trends Food Sci Technol* 13(12): 391-399.
48. Gilleland GM, Lanier TC, Hamann DD. 1997. Covalent bonding in pressure induced fish protein gels. *Food Sciences* 62(4): 713-716.
49. González CA, Agudo A, Argilaga S, Amiano E, Ardanaz A, Barricarte N, Larrañaga MD, Chilarque M, Dorronsoro C, Martínez C, Navarro JR, Quirós M, Rodríguez MJ, Tormo MJ. 2001. Estudio prospectivo europeo sobre dieta, cáncer y salud (EPIC) y la investigación sobre dieta y cáncer en Europa. *Anales del sistema sanitario de Navarra* 24 (1): 75-82.
50. Griffin M, Casadio R, Bergamini C. 2002. Transglutaminases: nature's biological glue. *Biochemistry Journal* dic. 2002 77-96.
51. Hammond J. 1955. *Journal of Yorkshire Agriculture Society*, 1.
52. Hayward LH, Hunt MC, Kastner CL, Kropf DH. 1980. Blade tenderization effects on beef longissimus sensory and Instron textural measurements. *Journal of Food Science*, 45: 925-930.
53. Higgs JD. 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving. *Trends in Food Science and Technology* 11: 85-95.
54. Hoffman K. 1993. Quality concepts for meat and meat products. *Fleischwirtschaft* 73: 1014-1019.
55. Huffman D L, Cordray J C. 1982. Processing systems. Particle reduction systems (grinding, flaking, chinking, slicing). In *Meat Science and Technology*.

International Symposium. Proceedings. Franklin, R.K. & Cross, H. R. (Eds.).
Lincoln, Nebraska.

56. Huffman DL, Ande CF, Cordray JC, Stanley MH, Egbert WR. 1987. Influences of polyphosphate on storage stability of restructured beef and pork nuggets. *Food Sciences* 52: 275-278.
57. Ikeda I, Sugano M. 1998. Inhibition of cholesterol absorption by plant sterols for mass intervention. *Current Opinion in Lipidology* 9: 527-531
58. Ikura K, Kometani T, Yoshikawa M, Sasaki R, Chiba H. 1980. Crosslinking of casein components by transglutaminase. *Agricultural and Biological Chemistry*, Tokyo, v.44, p.1567-1573
59. Issanchou S. 1996. Consumer expectations and perceptions of meat and meat product quality. *Meat Sci.*, 43S1:5-19
60. Iwamoto M, Sato M, Kono M, Hirooka Y, Sakai K, Takeshita A, Imaizumi K. 2000. Walnuts lower serum cholesterol in Japanese men and women in Japan. *Journal of Nutrition* 130: 171-176
61. Jarmoluk T, Petrakis K. 2003. Response Surface Methodology study on the effects of blood plasma, microbial transglutaminase and kappa-carrageen on pork batter gel properties. *Food Engineering* 60(3): 327-334
62. Jenkins DJ, Kendall CW, Axelsen M, Augustin LS, Vuksan V. 2000. Viscous and nonviscous fiber, nonabsorbable and low glycaemic index carbohydrates, blood lipids and coronary heart disease. *Current Opinion in Lipidology* 11: 49-56.
63. Jiménez F. 2004. Non-Meat Proteins. *Meat Sciences*. Vol. I: 492-499.

64. Jiménez F, Ayo MJ, Carballo J. 2003. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: Effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. *Meat Sciences*. 69: 781-788.
65. Katayama K, Chin KB, Yoshihara S, Muguruma M. 2006. Microbial transglutaminase improves the the property of meat protein and sausage texture manufactured with low-quality pork loins *Animal Science* 19(1): 102-108.
66. Kolle DS, Savell JW. 2003. Using Activa™ TG-RM to bind beef muscles after removal of excessive seam fat between the m. longissimus thoracis and m. spinalis dorsi and heavy connective tissue from within the m. infraspinatus. *Meat Sciences*. 64: 27-33.
67. Krauss RM, Eckel RH y Howard B. 2000. A statement for Healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association. *AHA Dietary guidelines. Revisión 2000* 102: 2296-2311.
68. Kuraishi C, Sakamoto J, Soeda T. 1998. Application of transglutaminase for meat processing. *Fleischwirtschaft* 78(6): 657-662.
69. Kuraishi C, Sakamoto J, Yamanazaki K, Susa Y, Kuhara C, Soeda C. 1997. Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. *Food Sciences* 62(3): 488-490.
70. Kuraishi C, Yamazaki K, Susa Y. 2001. Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Rev* 17(2): 221-246.
71. Lamkey J, Mandingo C, Clakins C. 1986. Effect of salt and phosphate on the texture and color stability of restructured beef steaks. *Journal of Food Science* 51 (4): 873-875.

72. Lavedrine F, Zmirou D, Ravel A, Balducci F, Alary J. 1999. Blood cholesterol and walnut consumption. *Preventive Medicine* 28: 33-9.
73. Lauber S, Henle T, Klostermeyer H. 2000. Relationship between the crosslinking of caseins by transglutaminase and the gel strength of yoghurt. *Euro Food Restaurant Technology* 210(5): 305-309.
74. Lee EY, Park J. 2003. Microbial transglutaminase induced cross-linking of a selected comminuted muscle system: Processing conditions for physical properties of restructured meat. *Food Sciences Biotech* 12(4): 356-370.
75. Mandigo RW. 1988. Restructured meats. In In "Developements in Meat Science-4. Lawrie, R. (Ed.). Pp 297-315. Elsevier, New York.
76. Matsumura Y, Lee DS, Mori T. 2000. Molecular weight distributions of alpha-lacto albumin polymers formed by mammalian and microbial transglutaminases. *Food Hydrocoll* 14(1): 49-59.
77. Mc Granahan. 1991. "Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops 2." In *Wlnuts (Junglans)*, edited by International Society for Horticultural Science, 907-951. The Netherlands.
78. Menéndez O, Rawel H, Schwarzenbolz U y Henle T. 2006. Structural changes of microbial transglutaminase during thermal and high-pressure treatment. *Agriculture Food Chemical* 54(5) 716-721
79. Millar MF, Davis GW, Seideman SC, Wheeler TL, Ramsey CB. 1986. Extending beef bullock restructured steaks with soy protein, wheat gluten or mechanically separated beef. *Journal of Food Science*, 51: 1169-1172.
80. Moller A.J, Nielsen GS, Petersen BR. 1997. Methods of raw meat for production of restructured raw meat by addition to the meat of transglutaminase. *United States of America*. 147-158 p.

81. Motoki M, Okiyama A, Nonaka M, Tanaka H, Uchio R, Matsuura A, Ando H, Umeda K. 1990. Novel transglutaminase. Ajinomoto Co. Inc y Amano Pharmaceutical Co. Ltd. 265-675 p.
82. Mounsdon R.K, Jolley PD. 1987. The changing shape of burgers. British Journal of Photography, 414, 415, 433.
83. Neely K, Taylor C, Prosser, O, Hamlyn, P. 2001. Assessment of cooked alpaca and llama meats from the statistical analysis of data collected usingan "electronic nose". Meat Science, 58, 53-58.
84. Nio N, Motoki M, Takiami K. 1986. Gelation mechanism of protein solution by transglutaminase. Agriculture Biology Chemical 115(2): 335-345.
85. Noguchi K, Ishika K, Yokoyama K, Ohtsuka T, Nio N, Suzuki E. 2001. Crystal structure of red sea bream transglutaminase. Biology Chemical 276(15): 255- 259.
86. Nonaka M, Matsuura Y, Motoki M. 1996. Incorporation of lysine-and lysisne dipeptides into alpha-(S1)-casein by Ca²⁺ independent microbial transglutaminase. Biosci Biotech Biochem 60(1): 131-133.
87. Nonaka M, Tanaka H, Okiyama A, Motoki M, Ando H, Umeda K, Matsuura A. 1989. Polymerization of several proteins by Ca²⁺ independent transglutaminase derived from microorganisms. Agriculture Biology Chemical 53(10): 619-623.
88. Novo-Nordisk AS . 1995. Use of a transglutaminase modified protein-to replace fat in foods. 12 p.
89. Novoa C. 1991. Genetic Improvement of South American Camelids. Revista Brasileira de Genetica 12(3). 123-135

90. Paterson B, Parrish F. 1986. A sensory panel and chemical analysis of certain beef chuck muscles. . Journal of Food Science 51: 876
91. Pedersen MH, Hansen TK, Sten E, Seguro K, Ohtsuka T, Morita A, Bindselev-Jensen C, Poulsen LK. 2004. Evaluation of the potential allergenicity of the enzyme microbial transglutaminase using the 2001 FAO/WHO Decision Tree. Molecular Nutrition Food Res 48(6): 434-440.
92. Pérez JA, Fernández J, Sayas ME, Cartagena R. 1998. Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. Eurocarne 63:115-122.
93. Peryam DR, Pilgrim FJ. 1957. Hedonic scales of measuring food preferences. Food Technology 11: 9-14.
94. Pietrasik Z. 2003. Binding and textural properties of beef gels processed with Kappa-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase. Meat Sciences. 63(3): 317-324.
95. Poulsen LK. 2004. Allergy assessment of food or ingredients derived from biotechnology, gene-modified, or level foods. Molecular Nutrition Food Res 48(6): 413-423.
96. Pszczola D. 2002. Beefing up innovations for meat and poultry ingredients. Food Technology 53(3): 54-79.
97. Ramirez A. 1991. Enfermedades Infecciosas. Fernandez-Baca S, ed. Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sudamericanos. Santiago: FAO: 263.
98. Ramírez J, Uresti R, Téllez S, Vázquez M. 2002. Using salt and microbial transglutaminase as binding agents in restructured fish products resembling hams. Food Sciences 67(5): 1779-1784

99. Ramírez J, Santos I, Morales O, Morrissey MT Vázquez M. 2006. Application of microbial transglutaminase to improve mechanical properties of surimi from silver carp. *Sciences Tech Aliment* 3(1): 21-28.
100. Ramos D. 1985. "Walnut Orchard Management." In, edited by University of California Extension, Division of Agriculture and Natural Resources, 178. California.
101. Redperuana. 2011. Fotos de Alpacas. [Internet], [24 Agosto].Disponible en <http://www.redperuana.com/fotos/llamas.asp>
102. Resurreccion A. 2003. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science*, 66: 11-20.
103. Rocha-Garza AE, Zayas JF. 1996. Quality of boiled beef patties supplemented with wheat germ protein flour. *Journal of Food Science*, 61 (2): 418-421.
104. Rui Jiang M, JoAnn E, Manson M, Meir J, Stampfer M, Simin Liu M, Walter C, Willett M, Frank B. 2002. Nut and Peanut Butter Consumption and Risk of Type 2 Diabetes in Women. *The Journal of the American Medical Association* 288 (20): 167-170.
105. Ruiz-Carrascal J, Regenstien J. 2002. Emulsion satbility and water uptake ability of chicken breast muscle proteins as affected by microbial transglutaminase. *Food Sciences* 67(2): 734-739.
106. Ruiz C, Higginbotham D, Carpenter J, Lanier, T. 1993. Use of chuck muscles and their acceptability in restructured beef/surimi steaks. . *Journal of Animal Science* 71: 2654-2658.

- 107.** Sabate J. 1999. Nut consumption, vegetarian diets, ischemic heart disease risk, and all cause mortality: evidence from epidemiologic studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(500S-503S): 654-668.
- 108.** Sabaté J, Fraser GE, Burke K, Knutsen SF, Bennet H, Lindstead KD. 1993. Effects of walnuts on serum lipid levels and blood pressure in normal men. *New England Journal of Medicine* 328 (9): 603-607.
- 109.** Sakamoto H, Kumazawa Y, Toiguchi S, Seguro K, Soeda T, Motoki M. 1995. Gel strength enhancement by addition of microbial transglutaminase during onshore surimi manufacture. *Food Sciences* 60(2): 300-304.
- 110.** Salvá BK. 2009. Caracterización de la carne y charqui de alpaca (*Vicugna pacos*). Universidad de León. León, para optar al grado de Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 299 p.
- 111.** Saleh NT, Ahmed ZS. 1998. Impact of natural sources rich in provitamin A on cooking characteristics, colour, texture and sensory attributes of beef patties. *Meat Science*, 50 (3): 285-293.
- 112.** San Martín F. 1991. Alimentación y Nutrición, en avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Ed. Saúl Fernández-Baca. FAO. Santiago, Chile. : 213-262.
- 113.** Schmidt GR, Trout GR. 1982. Chemistry of meat binding. In *Meat Science and Technology International Symposium Proceedings*. Lincoln, NE 1-4 November (pp.265). Chicago, IL. National Live Stock and Meat Board.
- 114.** Schmidt S, Canigova M, Sevcova J. (1987). Properties of oils from pressed fruit Seeds. *Bulletin-Potravinarskeho-Vyskumu*, 26 (3/4): 289-297.

- 115.** Seta S, González M, Moyano. 2004. “Calidad en poscosecha del nogal (*Junglans Regia*).” Revista de Investigaciones de La Facultad de Ciencias Agrarias. [Internet], [22 Setiembre]. Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev6/4.htm>.
- 116.** Seguro K, Motoki MD, Kumazawa Y, Kurahisi C, Sakamoto C, Sakamoto H, Walter C, Willett M D, Frank BH. 1996. The épsilon(gamma-glutamyl) lysine in crosslinked casein is an available source of lysine for rats. *Nutrition* 126(10): 557-562.
- 117.** Serrano A. 2006. Desarrollo de reestructurados cárnicos potencialmente funcionales mediante la incorporación de nuez. Univ. Complutense de Madrid. Madrid, Grado de Doctor. 260 p.
- 118.** Serrano A, Cofrades F, Jiménez CF. 2004. Transglutaminasa como agente aglutinante en reestructurado de carne fresca con adición nueces *Food Chemistry* 85: 423-429.
- 119.** Shimada T, Aratake T, Niwano Y. 2008. Fat substitute used in gel-form for livestock meat (containing cow, pig, and chicken meat) or fish-meat processed food, e.g. hamburger, boiled fish paste, ground fish cake, and Chinese dumpling, contains alginic acid or alginate. 8 p.
- 120.** Sheard PR. 2002. Processing and quality control of restructured meat. *Meat processing. Improving quality*. Kerry, J.; Kerry, J. & Ledward, D. (Eds.). Pp. 333-358. Woodhead Publishing Limited. England.
- 121.** Shivar W. 1988. The use of surimi as a binding mechanism in the production of structured beef steaks. . The University of Georgia, Athens. USA, Mg.Sc. Thesis. 269 p.

122. Soto H. 1989. Respuesta comparativa en el engorde estabulado del ovino, la alpaca y la llama. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima. Univ. Nac. Agraria La Molina. 200 p.
123. Souci SW, Fachman W, Kraut H. 1989. Food Composition and Nutrition Tablas 1989/1990. Germany: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart.
124. Stanley DW, Tung MA. 1976. Microstructure of food and its relation to texture. In Rheology and Texture in Food Quality. DeMan, J. M.; Voisey, P. W.; Rasper, W. F. & Stanley, D. W. (Eds.). The AVI Publisher Company, 28.
125. Tarrant PV. 1998. Some research advance and future priorities in research for the meat industry. Meat Science, 49 (Suppl. 1): S1-S16.
126. Tellez J. 1992. Tecnología e Industrias Cárnicas. Lima, Perú: Artes Gráficas Espino.
127. Téllez L, Uresti RM, Ramírez JA, Vázquez M. 2002. Low-salt restructured fish products using microbial transglutaminase as binding agent. Sciences. Food Agriculture 82(9): 953-959.
128. Tsai GJ, Lin SM, Jiang ST. 1996. Transglutaminase from *Streptomyces* ladakanum and application to minced fish products. Food Sciences 61(6) 234-238.
129. Uresti RM, Ramírez JA, López-Arias N, Vázquez M. 2003. Negative effect of combining microbial transglutaminase with low methoxyl pectins on the mechanical properties and colour attributes of fish gels. Food Chemical 80(4): 551-556.
130. Venkatachalam M, Shridhar KS. 2006. "Chemical Composition of Selected Edible Nut Seeds." Journal of Agricultural and Food Chemistry 54 (13) (June 28): 4705-14.

131. Wheeler J. 1991. Origen, evolución y status actual de los camélidos sudamericanos. Avances y perspectivas del conocimiento, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.: 11-48
132. Wilhelm B, Meinhard A, Seitz J. 1996. Transglutaminases: Purification and activity assays. J Chromatography B Biomedical Applications 684(1-2): 163-177.
133. Wing E. 1972. Utilization of Animal Resources in the Peruvian Andes Seiichi I, Terada K, eds. Andes 4: Excavations at Kotosh, Tokyo University of Tokyo 327-352
134. Wood JD, Richardson RJ, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Science 66: 21-32
135. Zambón DS, Muñoz S, Campero B, Casals E, Merlos M, Laguna JC, Ros E. 2000. Substituting walnuts for monounsaturated fat improves the serum lipid profile of hypercholesterolemic men and women. Annals of Internal Medicine 132: 538-546.
136. Zhu Y, Bol J, Rinzema A, Tramper J. 1995. Microbial transglutaminase A review of its production and application in food processing. Appl. Microbiology Biotechnol 44(3-4): 277-282.
137. Zorogastúa J. 2004. Aplicación del diseño de mezclas en la elaboración de chorizo ahumado utilizando carne de alpaca y carne de cordero. Tesis de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima: Univ. Nac. Agraria La Molina. 120 p.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Cartilla de evaluación sensorial

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Nombre: _____ Fecha: _____

Serie A

INSTRUCCIONES:

- Pruebe el producto que se presenta y señale con una cruz su grado de aceptabilidad.

Me gusta extremadamente
Me gusta mucho
Me gusta un poco
No me gusta ni me disgusta
Me disgusta ligeramente
Me disgusta mucho
Me disgusta extremadamente

COMENTARIOS:

Anexo 2. Análisis Proximal carne de alpaca

Ensayos	Resultados
Humedad (g/100g)	72.89
Proteína(g/100g)(Nx6.25)	22.78
Grasa(g/100g)	2.25
Ceniza(g/100g)	2.08
Carbohidratos (g/100g)	0.00

Anexo 3. Análisis proximal pecana

Ensayos	Resultados
Humedad (g/100g)	3.47
Proteína(g/100g)(Nx6.25)	9.48
Grasa(g/100g)	73.03
Ceniza(g/100g)	1.48
Carbohidratos (g/100g)	12.54